



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN
TELECOMUNICACIONES**

TESIS

**Para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico con
Mención en Telecomunicaciones**

Implementación de una estación meteorológica aplicando
IOT en los Humedales de Ventanilla – Callao

PRESENTADO POR

Ricaldi Cerdan, Jeffry Aldair

ASESOR

Lara Herrera, Juan Francisco

Lima, Perú, 2023

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera. Asimismo, a mi familia, en especial mi madre quien siempre estuvo apoyándome en el proceso estudiantil. Finalmente, agradezco a los docentes en general que nos brindaron su conocimiento a lo largo de 5 años de la etapa estudiantil.

Resumen

Actualmente, la contaminación y el calentamiento global es un problema muy controversial, debido a las diversas consecuencias que generan en la salud y al medio ambiente. Hay estudios en los cuales resaltan que las emisiones contaminantes de dióxido de carbono (CO₂) alcanzaron un nuevo récord mundial en el 2021 con 36.300 millones de toneladas a causa del uso de combustible fósiles. Estas acciones han generado que aumenten enfermedades agudas y crónicas, debido a que ciertos ecosistemas están siendo afectados por el calentamiento global. Estos efectos se pueden ver reflejados en los humedales de Ventanilla ubicado en la Provincia del Callao, en la cual en los últimos años se ha reducido de 1500 a 275.45 hectáreas, poniendo en peligro a 126 aves y 27 especies de plantas nativas de cierto lugar. Es por ello que, ante esta problemática, se propone una estación meteorológica de bajo costo para determinar valores ambientales, como la temperatura, humedad, presión atmosférica, altitud, radiación ultravioleta y gases tóxicos, en la cual será controlado por un microcontrolador que transmitirá vía WIFI a una plataforma de IoT de libre acceso. Por otro lado, el sistema propuesto pretende ser utilizado como un medio informativo para concientizar a la población sobre la importancia de conservar los humedales que son fundamentales para estabilizar el exceso de CO₂. Asimismo, es imprescindible reconocer la importancia de incentivar la implementación de estaciones meteorológicas en las diversas regiones del Perú para obtener un mayor control con respecto al cuidado de las biodiversidades.

Palabra clave: Estación meteorológica, Internet de las cosas, plataforma web, calentamiento global, humedales.

Abstract

Currently, pollution and global warming is a highly controversial problem, due to the various consequences it generates on health and the environment. There are studies that highlight that polluting carbon dioxide (CO₂) emissions reached a new world record in 2021 with 36.3 billion tons due to the use of fossil fuels. These actions have generated an increase in acute and chronic diseases, due to the fact that certain ecosystems are being affected by global warming. These effects can be seen reflected in the wetlands of Ventanilla, located in the Callao Province, which in recent years has been reduced from 1,500 to 275.45 hectares, endangering 126 birds and 27 species of plants native to a certain place. That is why, faced with this problem, a low-cost weather station is proposed to determine environmental values, such as temperature, humidity, atmospheric pressure, altitude, ultraviolet radiation and toxic gases, in which it will be controlled by a microcontroller that will transmit via WIFI a free access IoT platform. On the other hand, the proposed system is intended to be used as an informative means to raise awareness among the population about the importance of conserving wetlands that are essential to stabilize excess CO₂. Likewise, it is essential to recognize the importance of encouraging the implementation of meteorological stations in the various regions of Peru to obtain greater control regarding the care of biodiversity.

Keywords: Weather station, Internet of things, IoT platform, global warming, wetlands.

Contenido

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABLAS	11
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1.1. Planteamiento y descripción del problema.....	16
1.1.2. Formulación del problema general.....	17
1.1.3. Formulación de los problemas específicos.....	17
1.2. DEFINICION DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.2.1. Objetivo general.....	17
1.2.2. Objetivos específicos	18
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.3.1. Justificación técnica.....	18
1.3.2. Justificación económica	19
1.3.3. Justificación social.....	19
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.4.1. Alcances.....	20
1.4.2. Limitaciones.....	20
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO	21
2.1. ANTECEDENTES	22
2.1.1 Internacionales	22
2.1.2 Nacionales.....	25
2.2. MARCO TEÓRICO.....	27
2.2.1. Definición de los humedales.....	27
2.2.2. Situación actual de los humedales en el Perú.....	29
2.2.3. Situación actual de los humedales en el distrito de Ventanilla.....	30
2.2.4. Estaciones meteorológicas.....	31
2.2.5. Parámetros ambientales de una estación meteorológica.....	32
A. Temperatura.....	32
B. Humedad Relativa.....	33
C. Presión atmosférica.....	33

D.	Radiación ultravioleta.....	33
E.	Gases tóxicos.	33
F.	Consideraciones físicas.....	34
2.2.6.	Tipos de microcontroladores de una estación meteorológica.....	34
A.	Arduino.....	34
B.	Raspberry pi.....	35
C.	ESP32	36
2.2.7.	Tipos de sensores en una estación meteorológica.....	37
A.	Sensor de humedad y temperatura	37
B.	Sensor de presión atmosférica.....	38
C.	Sensor de gases tóxicos	39
D.	Sensor de radiación ultravioleta.....	41
E.	Sensor de partículas.....	41
2.2.8.	Lenguajes de programación para microcontroladores.....	42
A.	Lenguaje C++.....	42
B.	Lenguaje Python.....	42
C.	Lenguaje Protón Basic.....	43
2.2.9.	Entornos de programación para microcontroladores.....	43
A.	ARDUINO IDE.....	43
B.	MPLAB -X.....	43
C.	THONNY IDE.....	43
2.2.10.	Plataforma y herramientas de IoT.....	44
A.	Cayenne myDevices	44
B.	ThingSpeak	44
C.	Grafana.....	45
D.	Ubidost.....	45
2.2.11.	Tipos de base de datos.	45
A.	MySQL	45
B.	MongoDB.....	45
C.	María DB	46
D.	Influx DB.....	46
2.2.12.	Cálculo de errores en datos experimental.	47
2.2.13.	Ecuaciones de estadísticas descriptiva.....	47
2.2.14.	Encuesta.....	47
A.	Según sus objetivos	47
B.	Según el tipo de respuesta	47

C.	Según el modo de administración.....	48
2.3.	MARCO METODOLÓGICO	48
2.3.1.	Tipo de investigación	48
2.3.2.	Metodología de la investigación.....	48
A.	Contexto o escenario de la investigación.....	48
B.	Muestra y participante.....	49
C.	Diseño o abordaje.....	49
D.	Procedimiento.....	50
2.4.	MARCO LEGAL	50
2.4.1.	Decreto Supremo N°13- 2020 MINAM	50
2.4.2.	Ley N° 28245: Marco de Sistema Nacional de Gestión Ambiental.....	50
2.4.3.	Decreto Supremo N° 005-2013-PCM	51
	CAPÍTULO III: DESARROLLO	53
3.1.	Identificar la situación actual de los humedales de Ventanilla.	54
3.1.1.	Incendio en los pantanos de Villa -Chorrillos.....	58
3.1.2.	. Invasión en las Lomas de Amancaes	59
3.1.3.	Degradación de los humedales de Ventanilla en los últimos años.....	60
3.2.	Diseñar la estación meteorológica que se plantea implementar.....	68
3.2.1	Identificación o justificación de variables.....	69
3.2.2	Procesamiento de señal.....	73
3.2.3	Procesamiento y almacenamiento de datos en la Web.....	74
3.2.4	Monitoreo del sistema.	74
3.3.	Determinar los dispositivos a utilizar en el diseño.	74
3.3.1.	Selección de los sensores ambientales.....	75
A.	Selección del sensor de gases tóxicos:.....	75
B.	Selección del sensor de temperatura y humedad	76
C.	Selección del sensor de presión atmosférica.....	76
D.	Selección del sensor de radiación ultravioleta.....	77
3.3.2.	Selección del microcontrolador del sistema.	77
3.3.3.	Selección del software de programación para el microcontrolador.	78
3.3.4.	Selección de software para la plataforma de IoT.....	79
3.4.	Desarrollar y programar el algoritmo del sistema de la estación meteorológica propuesta.....	80
3.4.1.	Configuración de los parámetros generales de la estación meteorológica.....	83
3.4.2.	Configuración del ciclo de trabajo del ESP32.....	84

3.4.3.	Implementar la plataforma IoT de la estación meteorológica.....	85
A.	Procesamiento de los datos por el protocolo MQTT.....	86
B.	Configuración de la base de datos Influx DB.	87
C.	Distribución del contenido de la página web por el software Grafana.	88
3.5.	Implementar la estación meteorológica en los humedales de Ventanilla..	91
3.5.1.	Simulación de la estación meteorológica.	91
3.5.2.	Diseño y montaje de la estación meteorológica.....	94
A.	Diseño.....	94
B.	Montaje.....	96
C.	Montaje de la plataforma IoT.....	98
3.5.3.	Prueba y resultados de la estación meteorológica	100
CAPÍTULO IV: ANALISIS DE COSTO Y BENEFICIO		109
4.1.	ANÁLISIS DE COSTO	110
4.1.1.	Recursos humanos.....	110
4.1.2.	Recursos de hardware	110
4.1.3.	Recursos de software.....	111
4.1.4.	Otros gastos.....	112
4.2.	ANÁLISIS DE BENEFICIOS.	112
4.3.	ANALISIS DE SENSIBILIDAD	115
4.3.1.	Desarrollo de flujo de caja.	115
CONCLUSIONES		118
RECOMENDACIONES		120
GLOSARIO		121
REFERENCIA.....		122
ANEXOS.....		128

Lista de Figuras

Figura 1: Tipo de humedales.....	29
Figura 2: Situación actual de los humedales de Ventanilla.....	31
Figura 3: Estaciones meteorológicas.....	32
Figura 4: Plataforma arduino	35
Figura 5: Raspberry Pi	36
Figura 6: ESP 32.....	37
Figura 7: Sensor DHT 22.....	38
Figura 8: Sensor BMP180.....	39
Figura 9: Sensor MQ 135.....	40
Figura 10: Sensor MH Z19	40
Figura 11: Sensor ML 8511.....	41
Figura 12: Sensor de partículas.....	42
Figura 13: Entorno y lenguaje de programación para microcontrolador..	44
Figura 14: Plataforma de lot y base de datos.....	46
Figura 15: 14 Humedales del Convenio Ramsar.....	54
Figura 16: Incendio en pantanos de Villa.....	59
Figura 17: Invasión en las Lomas De Amancaes.....	60
Figura 18: Ubicación geográfica de los humedales de Ventanilla.....	61
Figura 19: Principales causas de la contaminación de los humedales. ..	62
Figura 20: Flora y fauna de los humedales de Ventanilla.....	64
Figura 21: Estadística de la primera pregunta de la encuesta.....	66
Figura 22: Estadística de la segunda pregunta de la encuesta.....	66
Figura 23: Estadística de la tercera pregunta de la encuesta.....	67
Figura 24: Estadística de la cuarta pregunta de la encuesta.....	67
Figura 25: Estadística de la quinta pregunta de la encuesta.....	68
Figura 26: Diagrama de bloques del diseño propuesto.....	69
Figura 27: Influencia de la humedad relativa sobre la temperatura efectiva.....	71
Figura 28: Arduino IDE y la opción monitor serial	79
Figura 29: Ejemplo de una tabla compacta de la base de datos Influx	80
Figura 30: Diagrama de flujo del algoritmo del sistema	81
Figura 31: Librerías para el algoritmo de la estación meteorológica.....	82

Figura 32: Configuración de la base de datos y comunicación WIFI del algoritmo.....	83
Figura 33: Configuración de los parámetros generales del sistema.....	83
Figura 34: Configuración de los parámetros generales del sistema 2.....	84
Figura 35: Configuración de los parámetros generales del sistema 3.....	85
Figura 36: Diagrama de flujo de la plataforma de IoT.....	86
Figura 37: Verificación del protocolo MQTT.....	86
Figura 38: Tabla de valores de base de datos Influx DB.....	87
Figura 39: Monitoreo de sensores con respecto al tiempo.....	88
Figura 40: Opción de resolución de fecha y hora del sistema.....	89
Figura 41: Exportar datos de la plataforma iot del sistema.....	89
Figura 42: Tabla de verificación de datos en tiempo real.....	90
Figura 43: Datos adquiridos de la plataforma IoT en archivo excel.....	90
Figura 44: Simulación en Proteus de fuente de alimentación del sistema	91
Figura 45: Simulación en Proteus de la estación meteorológica.....	92
Figura 46: Simulación del hardware de la estación meteorológica, nivel moderado.....	93
Figura 47: Simulación del hardware de la estación meteorológica, nivel insalubre.....	93
Figura 48: Pruebas del sistema por medio del monitor serial.....	94
Figura 49: Diseño de PCB de fuente de alimentación del sistema.....	94
Figura 50: Diseño de PCB en 3D de fuente de alimentación.....	95
Figura 51: Diseño de PCB de la tarjeta de control del sistema.....	95
Figura 52: Diseño de PCB en 3D de la tarjeta de control del sistema.....	96
Figura 53: Montaje de tarjeta PCB de la etapa de control y potencia.....	96
Figura 54: Diseño previo de estructura de la estación meteorológica.....	97
Figura 55: Montaje de la estructura de la estación meteorológica.....	98
Figura 56: Montaje de la plataforma iot de la estación meteorológica.....	98
Figura 57: Plataforma web final en el software Grafana.....	99
Figura 58: Monitoreo de temperatura en la plataforma Grafana.....	101
Figura 59: Monitoreo de humedad en la plataforma Grafana.....	102
Figura 60: Monitoreo de presión atmosférica y altitud en la plataforma Grafana.....	103

Figura 61: Monitoreo de gases tóxicos y radiación ultravioleta en la plataforma Grafana	104
Figura 62: Estadística de la primera pregunta de la post encuesta.	106
Figura 63: Estadística de la segunda pregunta de la post encuesta.....	106
Figura 64: Estadística de la tercera pregunta de la post encuesta.....	107
Figura 65: Estadística de la cuarta pregunta de la post encuesta.....	107
Figura 66: Estadística de la quinta pregunta de la post encuesta.....	108
Figura 67: Estadística de la sexta pregunta de la post encuesta.	108
Figura 68: Precios de estaciones meteorológica en el mercado peruano.	114

Lista de tablas

Tabla 1: Característica principal de Arduino Uno	35
Tabla 2: Característica principal de Rasberry Pi.....	36
Tabla 3: Característica principal de ESP-32	37
Tabla 4: Característica del sensor DHT 22	38
Tabla 5: Característica de sensor BMP 180.....	39
Tabla 6: Características de sensor MQ135.....	39
Tabla 7: Características de sensor de gas Co2 MH -Z19.....	40
Tabla 8: Características de sensor ML 8511.....	41
Tabla 9: Características de sensor de partículas.....	42
Tabla 10: Flora y fauna de los humedales de Ventanilla	63
Tabla 11: Escala de preguntas de encuesta.....	65
Tabla 12: Rango (ppm) de gases tóxicos	70
Tabla 13: Conversión de escalas de temperatura.....	70
Tabla 14: Características del microcontrolador para el diseño.	73
Tabla 15: Comparación de los sensores de gases toxico.....	75
Tabla 16: Comparación del sensor de temperatura y humedad	76
Tabla 17: Característica del sensor BMP 180 Y 280.....	77
Tabla 18: Característica del sensor ML 8511.....	77
Tabla 19: Comparación de microcontroladores.....	78
Tabla 20: Prueba y resultado de lestación meteorológica	100
Tabla 21: Prueba de magnitud de temperatura y humedad.....	101
Tabla 22: Prueba de magnitud de altitud y presión atmosférica	102
Tabla 23: Prueba de magnitud de gases tóxicos y UV	103
Tabla 24: Escala de preguntas post instalación	105
Tabla 25: Presupuesto de recursos humanos	110
Tabla 26: Presupuesto de hardware	111
Tabla 27: Presupuesto de software.....	111
Tabla 28: Presupuesto de otros gastos.....	112
Tabla 29: Sumatoria de presupuesto	112
Tabla 30: Beneficios tangibles	113
Tabla 31: Flujo de caja del proyecto	115

Introducción

En los últimos años, la Organización Meteorológica Mundial (OMM ,2021), elaboró un informe basado en el cambio climático, en la cual pide una acción inmediata para el cuidado de los ecosistemas a nivel mundial con la finalidad de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero ocasionado por el calentamiento global. Generalmente, los humedales que solo pertenecen al 6% del planeta tierra, son uno de los ecosistemas más afectados por el cambio brusco generado por la contaminación y el cambio climático, en la cual a nivel mundial se redujo a un 85% desde el año 2000, siendo así alarmante, ya que los humedales intervienen en la reducción de emisión de dióxido de carbono (Organización de Naciones Unidas [ONU] ,2022).

En el Perú, los humedales son considerados ecosistemas frágiles debido a las presiones creadas por las amenazas antropogénicas o actividades de los propios ciudadanos, en la cual generan un peligro grave a los ecosistemas nacionales existentes en el país (Ministerio del Ambiente [MINAM] ,2018). Hoy en día, el territorio peruano cuenta con 46 humedales reflejados en 8 millones hectáreas aproximadamente, en la cual solo 14 son considerados como sitios RAMSAR (Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional), que tiene como finalidad la conservación y el cuidado de los humedales, por medio de actividades locales y nacionales mediante el apoyo internacional (MINAM ,2019).

De los 46 humedales oficiales que existen en el Perú, no todos cuentan con un control o protección de parte del estado. Eso se puede ver reflejado en los humedales de Ventanilla, ubicado en la provincia constitucional del Callao, que se redujo de 1500 a 275.45 hectáreas (Martínez, 2019). Esta reducción se debe a diversas causas como es el calentamiento global, la contaminación, la sobrepoblación, entre otros aspectos que vienen amenazando este ecosistema durante las últimas décadas.

Al ver esta problemática, se procedió a revisar diversos trabajos de investigación relacionados con el estudio y monitoreo climatológico que sirve como herramienta para proponer una alternativa adecuada en la problemática que acoge los humedales de Ventanilla.

En primera instancia. Prisma Megantoro, Shofa Aldhama y Gunawan Setia (2021). Realizaron un trabajo de investigación llamado “*Estación meteorológica basada en IoT con medición de la calidad del aire usando ESP32 para estudio de condiciones aéreas ambientales*” de la Universidad Airlangga, Indonesia exponiendo lo siguiente:

Indican que, durante las pandemias de enfermedades transmitidas por el aire, como la coyuntura actual, las personas deben prestar atención a la calidad del aire ambiental, ya que la concentración de diferentes gases presentes en el aire, es un determinante del valor de la calidad. Es por ello, que plantean una estación meteorológica diseñada para medir las condiciones climáticas y la calidad del aire en espacios libres o abiertos. Este diseño está conformado como componente principal el módulo ESP32 y sensores de presión atmosférica (BMP180), temperatura y humedad (DHT11) y un sensor UV que serán transmitidos mediante un servidor web. Luego de la implementación, obtuvieron como resultado que los sensores de temperatura y humedad (DHT 11) cuenta con una precisión de 95%, el sensor de rayos ultravioleta un 99.8%, mientras que la veleta contó con una precisión de 52% debido a que tenía una resolución en rotación de 45°.

De la misma manera. Palaguachi Encalada y Sonia Isabel (2018). En su tesis llamado “*Diseño, desarrollo e implementación de una estación meteorológica basada en una red jerárquica de sensores, software libre y sistemas embebidos para la Empresa ELECAUSTRO en la Minicentral Gualaceo utilizando comunicación MQTT y MODBUS*” de la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador indica lo siguiente:

Hoy en día, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2019), realiza informes climatológicos a nivel general y no específico, ocasionando que algunas empresas acudan a entidades particulares para construir sus propias estaciones según la tarea que requiere. Es por ello que, al ver este problema, los autores proponen el diseño de una estación meteorológica utilizando sistemas embebidos, que permita monitorear los datos por la web, generando reportes automáticos según la necesidad. El sistema está conformado por la plataforma Raspberry pi y un Arduino que medirán magnitudes físicas como es

humedad, temperatura, velocidad del viento, pluviómetro e irradiación solar. Como resultados, los autores compararon su trabajo con la estación meteorológica Sacay, en la cual, obtuvo que la temperatura de su sistema midió en rango de 10 a 21 °C, mientras que la estación Sacay monitoreo rangos de 10 a 19 °C, obteniendo como resultado un desfase 2 °C. De la misma manera, la presión atmosférica y humedad generó lecturas de 748 a 750 Pa y 54 a 62 %.

Luego de visualizar algunos antecedentes que contribuyen al desarrollo de diversos prototipos de estaciones meteorológicas. Se considera, que podría mejorarse esta iniciativa de monitoreo ambiental en los ecosistemas que son fundamentales en la sociedad, como son los humedales. Es por ello que, en esta tesis, se propone la implementación de una estación meteorológica aplicando IoT en los puntos estratégicos que conforma los humedales. Teniendo como objetivo principal, monitorear diversos valores como son temperatura, humedad, presión atmosférica, radiación ultravioleta y gases tóxicos, en la cual serán procesados mediante un microcontrolador que enviará los datos vía WIFI a una plataforma web por medio de la nube. La plataforma web contará con diversos cuadros estadísticos para realizar las comparaciones correspondientes de las magnitudes ambientales ya indicadas.

En el capítulo I de la presente tesis, se plantea y formula el problema de investigación, los objetivos, justificación, alcances y limitaciones del trabajo propuesto.

Luego, en el capítulo II, se mostrará los antecedentes internacionales y nacionales del trabajo de investigación, asimismo, el marco teórico, metodológico y marco legal que se aplicaran para el desarrollo del sistema.

De la misma manera, en el capítulo III, se desarrollará a detalles los objetivos específicos propuestos, como también se mostrará el desarrollo de la estación meteorológica.

Finalmente, en el capítulo IV de la presente tesis, se expondrán los análisis de costos, beneficios y de sensibilidad que se manejó en el desarrollo de la implementación del proyecto.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. Planteamiento y descripción del problema

En el Perú existe 46 humedales, conformados por 8 millones de hectáreas aproximadamente, en la cual no todos cuentan con un control o protección de parte del estado (MINAM ,2018). Esta falta de control se puede ver reflejados en los humedales costeros, que no son ajenos a los problemas que afrontan estos ecosistemas que vienen degradándose por diversas vulnerabilidades (Arrus. ,2019). Este caso se puede visualizar en los Humedales de Ventanilla, que ha ido degenerándose a causa de la rápida expansión urbana debido a la sobrepoblación que hay en la capital de Lima, que a la actualidad hay 10 millones 4 mil 141 habitantes, que representan el 29,9% de la población del Perú (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] ,2022). Asimismo, el calentamiento global y la contaminación generada por los propios ciudadanos son las otras causas principales, debido a la desorganización entre las instituciones encargadas de ver estos temas de la conservación del ecosistema, en la cual generan un vacío que impida la implementación de políticas adecuadas o sistemas que nos ayudarían a monitorear y conservar los humedales de la mejor manera. (Laboratorio de Medios Digitales de la Universidad Mayor de San Marcos [MEDIALAB UNMSM], 2018).

Debido a esta problemática y a las diversas causantes de la degradación de los ecosistemas, se estima que la temperatura del planeta puede alcanzar el umbral de + 1.5 °C, ocasionando que cada vez las condiciones climatológicas al nivel mundial se alteren, como se puede ver las bajas temperaturas en la ciudad de Lima, en la cual no se veían desde las décadas de los 90 (MINAM ,2019). Otra consecuencia debido a las causas de invasión son la desaparición paulatina de los humedales en Ventanilla, que en las últimas 3 décadas se redujo de 1500 a 275.45 hectáreas, generando impactos negativos, debido a que en corto plazo se va

exterminando la flora y fauna de ciertas especies (MINAN, 2020). Esta degradación ha generado que ciertas aves de las 126 especies que habitan en los humedales, procedan a migrar a otros lugares debido a que cada año pierden su hábitat, que está conformado por lagos y 27 especies de planta nativa que por ahora persiste en los humedales de Ventanilla (Villacorta ,2019). Asimismo, si siguen estas acciones negativas de los ciudadanos, se estima que los humedales se deterioran en corto plazo, lo que aumentaría la concentración de CO₂, por lo cual las personas que viven hacia su alrededor corren el riesgo de contraer ciertas enfermedades pulmonares como son el asma, neumonía, cáncer, entre otros (Martinez,2019).

1.1.2. Formulación del problema general

¿Cómo medir los parámetros ambientales en los humedales de Ventanilla?

1.1.3. Formulación de los problemas específicos.

P.E.1: ¿Cómo conocer el estado de los humedales en Ventanilla?

P.E.2: ¿Cómo determinar el funcionamiento que deberá tener la estación meteorológica?

P.E.3: ¿Cómo seleccionar los dispositivos adecuados a utilizar en la estación meteorológica?

P.E.4: ¿Cómo gestionar los procesos de la estación meteorológica?

P.E.5: ¿De qué manera se verificará la operatividad y el correcto funcionamiento del sistema?

1.2. DEFINICION DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo general

Implementar una estación meteorológica para medir los parámetros ambientales en los humedales de Ventanilla.

1.2.2. Objetivos específicos

O.E.1:Analizar la situación actual medioambiental de los humedales de Ventanilla.

O.E.2:Diseñar la estación meteorológica que se plantea implementar.

O.E.3:Determinar los dispositivos a utilizar en el diseño.

O.E.4:Desarrollar y programar el algoritmo del sistema de la estación meteorológica propuesta.

O.E.5:Implementar la estación meteorológica en los humedales de Ventanilla.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Justificación técnica

La estación meteorológica que se plantea implementar, utilizará sensores educativos comerciales, que detectan valores ambientes como es la temperatura, humedad, presión atmosférica, altitud, radiación ultravioleta y gases tóxicos. En la cual, será procesada mediante un microcontrolador, que se programa por medio de un lenguaje híbrido que es conocido comúnmente como el C++. Adicionalmente, el microcontrolador será el encargado de transmitir los datos mediante WIFI dentro de una red local (LAN) hacia la nube, para posteriormente ser transmitido a una plataforma de libre acceso como es Grafana, que junto a la base de datos InfluxDB, permitirá visualizar los gráficos estadísticos del monitoreo en tiempo real, como también visualizar el historial semanal y mensual. Cabe indicar, que el sistema propuesto, contará con acceso libre para que cualquier usuario pueda visualizar el monitoreo, debido a que se está aplicando la tecnología del internet de las cosas (IoT). Por otro lado, la facilidad de implementación del sistema y su costo accesible, nos brindará una alternativa en posteriores proyectos donde el tiempo es crucial en su implementación.

1.3.2. Justificación económica

En el Perú, actualmente mediante una resolución, se autorizó la incorporación de la suma de S/ 2,498,166.00 para la rehabilitación de unas 900 estaciones meteorológicas e hidrológica instaladas en las diversas regiones del país, que vienen operando a pesar de la falta de mantenimiento y supervisión (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI] ,2020). En la cual, se considera que la suma propuesta para el mantenimiento y rehabilitación de ciertos dispositivos son muy elevados, por lo que, en el presente trabajo de investigación, se propone pretende reducir costos realizando un diseño de una estación meteorológica económica y fácil de instalar, que podría llegar a costar un 80% menos de una estación meteorológica convencional que oscila entre S/4000 a S/20000. Esta gran diferencia porcentual se debe a que en el presente proyecto se utiliza dispositivos educativos comerciales y programas gratuitos.

1.3.3. Justificación social

El Perú cuenta con 46 humedales, en la cual no todos cuentan con un control o protección de parte del estado, debido a que solo 14 de las 46 son reconocidos como Sitios Ramsar a nivel mundial. (MINAM ,2019). Esta falta de control y protección de ciertas áreas de los humedales, generan que las acciones humanas terminen destruyendo ciertos ecosistemas debido a la deforestación, contaminación, urbanización, desarrollo agrícola y del mismo calentamiento global que nosotros generamos, llegando a poner en peligro a 389 especies de la fauna silvestre, que cada día pierden su hábitat (Servicio Nacional Forestal [SERFOR], 2019). Debido a esta problemática, el proyecto pretende realizar una estación meteorológica económica de fácil instalación, que sirva como un medio informativo para concientizar a la población sobre la importancia de conservar los humedales y ecosistemas que

están en peligro de extensión, debido al calentamiento global y las acciones humanas que nosotros mismos realizamos. Además, el sistema pretende incidir en más investigaciones sobre el monitoreo y el cuidado de los ecosistemas con el fin de masificar su instalación en las diversas regiones del país.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Alcances

- Se desarrollará un sistema meteorológico aplicando la tecnología IoT, con el uso de un microcontrolador y sensores educativos
- El presente proyecto planea llegar a la implementación de un prototipo, que puede ser escalable a un sistema más integrado y complejo.
- El sistema detectará valores anormales en ciertos rangos establecidos por los fabricantes, como son la humedad, temperatura, presión atmosférica, radiación UV y gases tóxico.
- La estación meteorológica se podrá visualizar remotamente, mediante una plataforma IoT que será accesible para los ciudadanos de Ventanilla y de otras regiones.

1.4.2. Limitaciones

- El proyecto tendrá como límite geográfico los humedales de Ventanilla, en la cual se encuentra en una zona donde el acceso en algunas áreas es un poco complejo.
- El proyecto no empleará componentes de alta tecnología debido a los altos costos. Además, que no son muy comerciales en el mercado.
- La estación meteorológica requiere el uso de Internet para el envío de datos en tiempo real de la plataforma IoT.
- En la implementación del proyecto, el tiempo es indispensable para su culminación, por la cual por tratarse de una tesis tendríamos limitaciones de tiempo.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1 Internacionales

Medilla Kusriyanto y Agusti Putra (2018). En su trabajo de investigación llamado “*Diseño de estación meteorológica utilizando plataforma IoT en Arduino mega*” de la Universidad Islámica de Indonesia expone lo siguiente:

En Indonesia las condiciones climáticas siempre se anuncian para un período de 24 horas, a través de pronósticos meteorológicos analizados por la Agencia de Meteorología, Climatología y Geofísica (BMKG). Por lo que obtuvieron que hay una deficiencia en el proceso del pronóstico debido al tiempo, en la cual es un factor fundamental para las actividades humanas en dicho país. Es por ello que, ante esta problemática, plantean una estación meteorológica utilizando la plataforma IoT, con la finalidad de facilitar a los usuarios a que conozcan las condiciones diarias mediante la red de internet en tiempo real. Este sistema está compuesto por Arduino mega 2560 y un módulo ESP8266 como componente principal, posteriormente de los sensores de temperatura DHT22, sensor de presión de aire BMP180, un módulo SD y una pantalla táctil LCD. Luego de la definición de los componentes, se procede a mostrar los resultados que obtuvieron en los ensayos correspondientes del sistema. Primeramente, compararon la medición de temperatura usando sensor DHT22 y Módulo PCE-THB 40, en donde el mayor error de temperatura fue de 3 °C y el error promedio llegó a 1.35 °C. Además, en la medición del aire, el más alto de la humedad llegó a un 61% y el más bajo en 24%. Finalmente, luego de los ensayos, los autores concluyen que los sensores tuvieron resultados favorables, a pesar de que en las respectivas pruebas hubo una diferencia de medidas no mayor a un 5%. Por otro lado, se

considera que la presente tesis, aportaría en el trabajo de investigación propuesto, debido a que sus resultados sirven como guía para comparar los errores promedio y verificar que los sensores estén trabajando correctamente calibrado.

Asimismo, Camilo Medina y William Ramírez (2019). En su tesis llamado "*Diseño y construcción de estación meteorológica, ubicada en la vereda el callejón, Ricaurte-Cundinamarca.*" De la Universidad Católica de Colombia indica lo siguiente:

En Colombia, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), carece de credibilidad en la información que genera las estaciones meteorológicas establecidas por la institución pública, en la cual esto se debe al abandono y falta de mantenimiento de los equipos. Por esta razón, al ver esta problemática, los autores plantean el diseño de una estación meteorológica recolectora para la aplicación en la ingeniería civil. El diseño de la estación meteorológica está conformado por un Arduino Mega 2560, sensor DHT 11 y BMP 180, celda de carga y un módulo SD. Luego de la implementación, procedieron a realizar las pruebas correspondientes en la finca de Las Dos Palmas de la vereda el Callejón-Ricaurte en Colombia, donde visualizaron que durante todo el mes hubo una variación de temperatura entre 25 y 33 °C. Asimismo, con respecto a la humedad, obtuvieron un rango de 65 a 80% generando un promedio de 69.14%. De la misma manera, la presión atmosférica se mantuvo constante en un rango de 97118 Pa. Llegando a concluir que, la humedad relativa cuenta con alta concentración de esta variable, a diferencia de la presión atmosférica que se mantuvo constante. Este trabajo de investigación servirá de apoyo para la tesis propuesta, debido a que brindan diversas configuraciones que pueden servir para desarrollar el algoritmo del sistema, con respecto a la operatividad del sensor de presión BMP180 y el módulo DHT 11.

Por otro lado, Carlos Balladares y Danny López (2021). En su tesis llamada *“Diseño e implementación de un prototipo de estación meteorológica agrícola autosustentable para el monitoreo de parámetros ambientales en cultivos de cacao mediante Raspberry Pi* “de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, Ecuador indica lo siguiente:

El principal problema en la producción de cacao en la costa ecuatoriana, son las temporadas donde el clima no ayuda al correcto desarrollo de las plantas, lo que genera una gran pérdida en los cultivos. Otro problema que observa, es que la gran mayoría de agricultores todavía siguen trabajando con la metodología tradicional en la cual no aplican la tecnificación. Es por ello, que propone el diseño de estación meteorológica para el monitoreo ambiental en el cultivo de cacao con el fin de tecnificar el desarrollo de la plantación. El sistema está compuesto por lo siguiente dispositivo, como son el Raspberry pi y el ESP32, que darán lectura de temperatura, humedad, presión atmosférica, velocidad del viento, radiación ultravioleta, entre otros. Cabe indicar, que las pruebas lo realizaron en la ciudad de Guayaquil en el mes de diciembre hasta marzo del 2021, obteniendo como resultado una temperatura ambiental constante de 25 °C, la humedad en un rango de 60 a 80 % y la velocidad del viento se mantuvo constante con 186 m/s. Finalmente, los autores señalan que es muy importante verificar los sensores, ya que en los ensayos observaron que el sensor de humedad DHT 22 estaba averiado, por lo que procedieron a cambiarlo para obtener los valores más óptimos. Es por ello, que estas conclusiones son de suma importancia, debido a que sirve de mucha utilidad para seleccionar los dispositivos más adecuados para el desarrollo de la programación del módulo ESP32, que es un dispositivo muy solicitado debido a sus diversas aplicaciones.

2.1.2 Nacionales

Gustavo Solano (2021). En su tesis llamada "*Diseño e implementación de una estación meteorológica con acceso a internet para lugares remotos*" de la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC), Perú indica lo siguiente:

El cambio climático en el territorio peruano es muy radical, principalmente en la región de la costa y sierra. Donde los pobladores son perjudicados debido a que no hay una medida establecida para la prevención de cultivos. Es así, que al autor plantea el diseño de una estación meteorológica autónoma basado en el acceso a internet mediante comunicación por radiofrecuencia. El sistema realizará la medición de temperatura, humedad, velocidad del viento y radiación ultravioleta que transmitirá los datos por medio de radiofrecuencia a una distancia mínima de 1 km para luego enviar los valores hacia internet. Los resultados que obtuvieron en la implementación del sistema, indica que la temperatura, velocidad del viento, humedad y radiación UV obtuvieron un error promedio de 3.31 %, 2.75 %, 0.9 % y 0%. Llegando a concluir, que el sistema realizó lecturas eficientes, debido a que usaron técnicas de filtro de estabilidad promedio para tratar de obtener el mínimo error posible. De este modo, se considera que este trabajo de investigación es de suma importancia para la tesis propuesta, debido a que el autor muestra la diversa configuración del sensor UV, que servirá como base para poder realizar las diversas comparaciones en la simulación. Además, el medio de comunicación por radiofrecuencia que utiliza es muy interesante, en la cual, se podría considerar como una alternativa para la mejora del diseño en la tesis propuesta.

Por otra parte, Iraní Guillen (2021). En su tesis llamada "*Modelo de implementación para el monitoreo y control de condiciones ambientales basados con tecnologías de Arduino y Raspberry*" de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (UNSA), Perú expone lo siguiente:

A la actualidad existen plataformas climatológicas que ofrecen información de localidades principales, sin embargo, no se cuenta como alternativa el desarrollo de un modelo basado en el uso de recursos libres para la obtención de datos en tiempo real. Es por ello, que el autor, al ver esta problemática, propone construir un modelo de implementación de software de una estación meteorológica que permita registrar valores ambientales como temperatura, humedad, índice de calidad del aire y radiación ultravioleta, en la cual será controlado y procesado por una plataforma Raspberry y Arduino. Luego de su implementación, realizaron las diversas pruebas en la localidad de Arequipa y Moquegua, en donde se comprobó que la temperatura llegó a una precisión de $\pm 2\%$ en rango de 0 a 50 °C, la humedad de 20 a 80 % en una precisión $\pm 4\%$, al igual que la calidad de aire que generó una precisión ± 3.35 en un rango de 10 a 1000 ppm, concluyendo así que los sensores trabajaron correctamente en sus rangos asignados. Finalmente, se considera que este trabajo de investigación aportaría en la presente tesis, ya que utilizan diversas plataformas para el control del sistema, en la cual servirá para seleccionar el microcontrolador más adecuado para el proyecto.

Asimismo, Joseph Marín (2019). En su tesis llamada "*Sistema de transmisión de parámetros meteorológicos utilizando una red de comunicación inalámbrica de bajo costo en el AA.HH. Pachacútec Ventanilla*" de la Universidad de Ciencias y Humanidades (UCH), Perú expone lo siguiente:

El cambio climático ha afectado los aspectos sociales y económicos de las diversas localidades en el Perú. Esto se puede visualizar en el asentamiento humano Pachacútec que pertenece al distrito de Ventanilla, en la cual los habitantes son afectados por los cambios bruscos medioambientales en las diversas temporadas del año. Es así que, al ver esta problemática, el autor propone la implementación de una estación meteorológica incorporando módulos de comunicación inalámbrica para transmitir los parámetros ambientales hacia una central que permita difundir ciertos valores a redes sociales. El sistema propuesto está conformado por un módulo inalámbrico NRF2401 que es el encargado de transmitir los datos del Arduino Nano, como es la temperatura, humedad y presión atmosférica correspondiente al sensor DHT 11 Y BMP180. En los resultados obtenidos del sistema, el autor observa, que la temperatura, humedad y presión atmosférica llegaron a valores de 14.8 °C, 91 % y 100.56 HPa. Indicando que, la temperatura en cierta zona fue muy baja a comparación de la humedad que es muy elevado, debido a que cierta localidad se encuentra muy cercano al mar. Finalmente, concluye que los sensores han evidenciado ser efectivo debido a que han contado con una mayor inmunidad de ruido, lo que ofreció un rango de precisión alto. Por lo tanto, se considera que esta tesis aporta en el trabajo de investigación propuesto, debido a que los dispositivos fueron seleccionados según la necesidad del ambiente, en la cual el AA. HH Pachacútec cuenta con un clima similar a los humedales de Ventanilla, por lo que servirá como guía en la elección de los distintos sensores ambientales.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Definición de los humedales.

Los humedales, cubre una amplia gama de hábitats con distintas características en cada sitio, para ello se considera que la definición más adecuada, lo indica La Convención Relativa a los humedales

de Importancia Internacional (RAMSAR ,2013), que define a los humedales como extensiones de agua natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o salinas, cubiertas por marismas, turberas o agua, incluida el agua de mar, que cambia de profundidad en no más de 6 metros durante la marea baja. Asimismo, estas biodiversidades se caracterizan a nivel estructural y nivel funcional, como lo menciona el Ministerio de Agricultura del gobierno Chile (MINAGRI ,2006).

A nivel estructural muestran que son ecosistemas que constan de dos elementos básicos, en donde son bióticos y abióticos, los cuales interactúan como una unidad ecológica. Los bióticos están formadas por plantas y animales acuáticos, vegetación costera y fauna terrestre, mientras que, los abióticos son los componentes no vivos que interactúan dinámicamente con los diversos componentes bióticos de los humedales.

Por otro lado, a nivel funcional, se menciona que los humedales forman parte del mapa hidrográfico de las cuencas hidrográficas, resultando diferentes humedales por diferencias en la extensión, frecuencia y duración del efecto. Por lo tanto, dependen de las condiciones ambientales existentes en la cuenca, como la descarga directa y difusa del río. Además, el cambio climático también cambia su estado temporal y la disponibilidad de nutrientes cambia el pH, la salinidad y otras características de los sedimentos húmedos.

A. Tipos de humedales.

Los humedales se pueden clasificar de la siguiente forma, Según indica RAMSAR (2013). En la cual, como primer punto, se habla de los humedales artificiales, también de los humedales lacustres, que está asociado a lagunas naturales de aguas dulces y saladas, entre otros. Mientras que los Ribereños, son humedales presentes en las riberas de los ríos, como los humedales estuarinos que están

conectados a la desembocadura, en la cual incluye deltas, marismas de marea y manglares. Por otro lado, los humedales palustres, está relacionado con lugares pantanosos que son las marismas y ciénagas. Finalmente, los humedales marinos se pueden ubicar en los lugares costeros, lagunas y costas rocosas que están vinculados principalmente a toda la zona de agua marina.

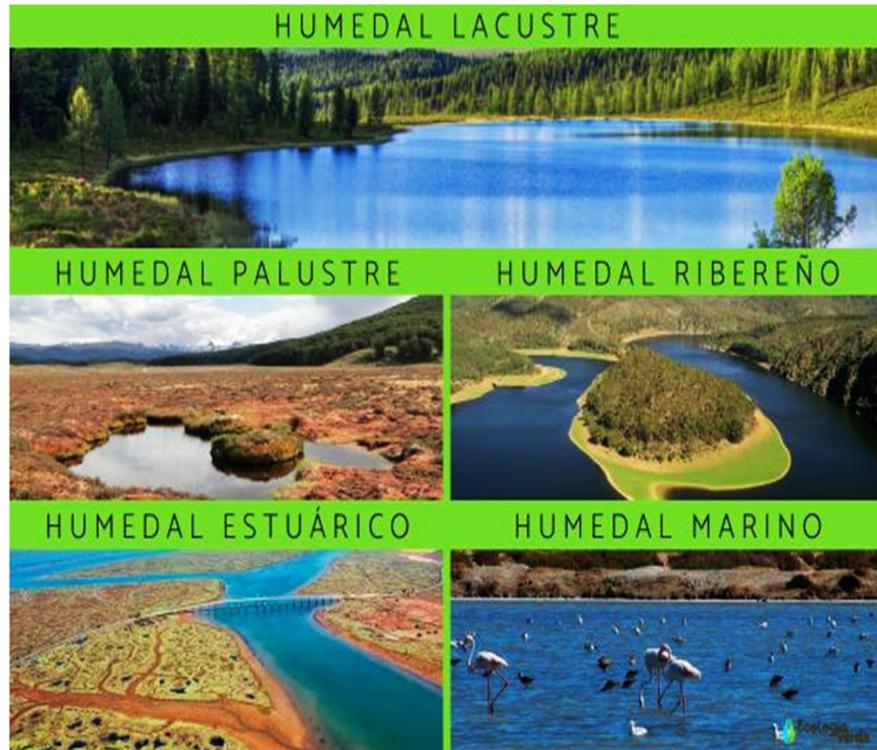


Figura 1: Tipo de humedales.

Fuente: Ecologiaverde ,2018.

2.2.2. Situación actual de los humedales en el Perú.

El Perú, cuenta con solo 13 humedales reconocidos como sitio RAMSAR que es un total de 6 784,042 hectáreas, en la cual no todos los ecosistemas están incluidos en la lista de los humedales más importantes internacionalmente. Esto ha generado que algunos lugares sean descuidados por las autoridades y los propios ciudadanos, debido a que en los últimos años los humedales vienen degradándose rápidamente por la contaminación global,

como también por las actividades humanas que son la agricultura, la sobrepoblación (Sociedad Peruana de Derecho Ambiental [SPDA] ,2019).

Es por ello que MINAN (2021), mediante un Decreto Supremo 006-2021-MINAM, aprobó una ordenanza histórica destinada a proteger los humedales de la nación. La norma publicada en el diario peruano, desarrolla reglas generales para la gestión multidisciplinaria y descentralizada. A pesar de esta contribución, los humedales no estaban completamente protegidos por un marco regulatorio hasta hace poco, porque existían vacíos legislativos que dificultaban protegerlos contra diversas amenazas, como los edificios mal diseñados, minería, pastoreo excesivo, invasión, etc. (Yupanqui, 2019).

2.2.3. Situación actual de los humedales en el distrito de Ventanilla.

Los humedales de Ventanilla, está ubicado en una zona baja de la cuenca del río Chillón, en la provincia constitucional del Callao. Se encuentra actualmente protegido desde el 2016 por la región, debido a que no ha sido incluido en la lista de RAMSAR, a pesar de tener una importancia ecológica (Área de conservación Regional [ACR],2022).

Actualmente, los humedales cuentan con 275,45 hectáreas, a diferencia de hace 3 décadas que conformaba 1500 hectáreas. Estos son debidos por diversos factores, como son las invasiones que desde la década de los 80, los pobladores invadieron los alrededores de los humedales de Ventanilla. De la misma manera, se dice que las altas pérdidas de los humedales de Ventanilla, fueron en la década de los 90 debido a que se perdió más de 30 especies de vegetación. Hoy en día, se promedia que existen un alrededor de 16492 habitantes que ocupan cierta zona mencionada y se estima que seguirá aumentado debido a la sobrepoblación que existe en la capital. (Martínez, 2019).



Figura 2: Situación actual de los humedales de Ventanilla.
Fuente: Defensoría del Pueblo, 2020.

2.2.4. Estaciones meteorológicas

Una estación meteorológica es un instrumento que cuenta con una serie de sensores que recolectan, registran y envían variables meteorológicas hacia un servidor de base de datos. Estos datos adquiridos son procesados y utilizados para realizar diversos estudios climatológicos, ya sea para la elaboración de predicción meteorológica, como también aplicarlos en diversos sectores de la agricultura, ganadería, industria, entre otros. Para ello, las estaciones meteorológicas cuentan con diversas características y tipos que se acoplan según la necesidad. (OMM, 2018).

A. Tipos de estaciones meteorológicas.

Según la OMM (2018), las estaciones meteorológicas pueden ser de diversos tipos, como estaciones de altura, marina, aérea y de superficie. En la cual, este último es utilizado en fines aeronáuticos, climatológicos, sinópticos, entre otros. Las variables ambientales que se utilizan convencionalmente son la temperatura de aire, humedad relativa, velocidad del viento, gases tóxicos, presión

atmosférica, altura, radiación ultravioleta, temperatura de agua de mar, altura y periodo de olas, salinidad, entre otras más.

B. Dispositivos que conformar una estación meteorológica

Para medir las magnitudes ambientales hacen falta aparatos de medida e instrumentos meteorológicos convencionales, como son el termómetro, higrómetro, pluviómetro, anemómetro, barómetro, pH-metro, entre otros dispositivos que sirven para medir las magnitudes más esenciales en un ecosistema (Acuña y Robles, 2015).



Figura 3: Estaciones meteorológicas.

Fuente: Agraria, 2020.

2.2.5. Parámetros ambientales de una estación meteorológica

A. Temperatura

Es una magnitud escalar que mide la cantidad de energía térmica en un cuerpo. Se miden en 3 unidades que son Kelvin (K), Fahrenheit (°F) y Celsius (°C), donde este último es el más utilizado. Los instrumentos más comunes para medir la temperatura son los termómetros, sin embargo, existen otros instrumentos de medición que dependerán según la necesidad de aplicación (Rodríguez y Tejeda ,2018).

B. Humedad Relativa

La humedad relativa medida en (%), es la cantidad de vapor de agua que se encuentra en el aire. Aplicado comúnmente para evaluar la comodidad térmica de un ser vivo. Se dice que esta magnitud es directamente proporcional a la temperatura (°C). En la cual, el instrumento para medir esta magnitud es el termo higrómetro (Rodríguez y Tejeda, 2018).

C. Presión atmosférica.

La presión atmosférica o barométrica, es la fuerza que ejerce una columna de aire de la atmósfera sobre el suelo en un punto determinado. Esta magnitud física, es inversamente proporcional a la altitud, lo que significa que cuanto menor sea la altitud, mayor será la presión atmosférica. El instrumento que se utiliza para medir la presión atmosférica es el barómetro, que es el encargado de registrar valores en unidades comúnmente conocidas como el Pascal (Pa) o hectopascal(hPa) y bar (Kawauchi y Rekimoto, 2017).

D. Radiación ultravioleta.

La radiación solar es la energía de radiación electromagnética emitida por el Sol en el espacio interplanetario. Está clasificada por 3 sectores A (400 a 320 nm), B (320 a 280 nm), C (280 a 200nm). Este último sector es la más dañina, pero gracias a la capa de ozono de la estratosfera se evita que llegue a la superficie. El instrumento que se utiliza para monitorear esta magnitud es el radiómetro UV (Bohórquez y Pérez, 2007).

E. Gases tóxicos.

Los gases tóxicos son sustancias inestables y etéreas cuya interacción con el cuerpo humano es irritante, nociva o fatal para la salud. Muchos de estos son el resultado de reacciones químicas primarias que tienden a ser más inflamables. Los gases contaminantes hoy en día son monóxido de carbono, dióxido de

azufre, metano, butano, cadmio, entre otros, en la cual son monitoreados por instrumentos como el explosímetro (Molina, Aguilar y Cordovez,2010)

F. Consideraciones físicas.

En el marco de los aspectos físicos, se define el desarrollo de equipamiento de la estación meteorológica. Para ello, el sistema tiene que ser apta para el lugar de monitoreo, es por eso que debe contar con protección IP67. Otro punto a considerar, es la utilización de estructuras adecuadas para que los sensores puedan soportar la rigurosidad del clima. Finalmente, los dispositivos deben contar con la facilidad de instalación para remplazar o realizar un mantenimiento eficiente (Palaguachi,2018).

2.2.6. Tipos de microcontroladores de una estación meteorológica

Todos los procesos automatizados requieren equipos de control para realizar mediciones, procesar datos o, en algunos casos, ambos. Un ejemplo de ello, son las estaciones automáticas que utilizan controladores para procesar información de variables ambientales. Es por ello, que se procederá a describir algunos microcontroladores más comerciales y conocidos en la industria de la electrónica (Ventura y Manuel,2022)

A. Arduino

Independiente de sus modelos que existen en el mercado, es una placa de microcontrolador de código abierto basado en la familia microchip ATmega. Actualmente, cuenta con diversos modelos y característica según la necesidad del proyecto, como ejemplo en la Tabla 1 se muestra el modelo UNO R3, que son muy comerciales para la aplicación de simulación en los centros educativos peruanos. Asimismo, esta plataforma brinda librerías que ayudan al desarrollo más óptimo, además que cuenta con la facilidad de adaptarse con módulos de comunicación, como el bluetooth, WIFI, Ethernet, RFID, etc. Finalmente, la plataforma Arduino se programa

en el lenguaje C ++ y en su propio entorno de programación llamado Arduino IDE. (Álvarez, 2019).

Tabla 1: Característica principal de Arduino Uno

MODELO	ARDUINO UNO
Procesador	ATMEGA 328
Memoria SRAM	2KB
Memoria Flash	32KB
Alimentación	7 a 12V
Interface USB	USB serial IC
I2C/SPI	1,1.
GPIO	20 pines digitales (entrada y salida)
PWM	6



Figura 4: Plataforma Arduino.

Fuente: Arduino ,2022.

B. Raspberry pi

Es un miniordenador de placa reducida, utiliza un sistema operativo llamado Raspbian basado en el operativo Linux. Sus características mostradas en la Tabla 2, hacen que este dispositivo sea muy utilizado debido a que cuenta con un procesador de buena capacidad para la creación de juegos, entre otros proyectos de informática. A diferencia del Arduino, el Raspberry pi tiene un precio no tan accesible para los aficionados que buscan reducir costos (Balladares y López, 2021).

Tabla 2: Característica principal de Rasberry pi

MODELO	RASBERRY PI 3 B+
Procesador	1.2 Ghz 64 -bit Quard-Core ARMv8
Memoria SRAM	1GB
Memoria Flash	32KB
Memoria interna	Tarjeta micro SD
GPIO	40 pines digitales (entrada y salida)
CSI/DSI	1,1.
Conectividad	4 USB 2.0, HDMI, WIFI, BLUETOOTH 4.1

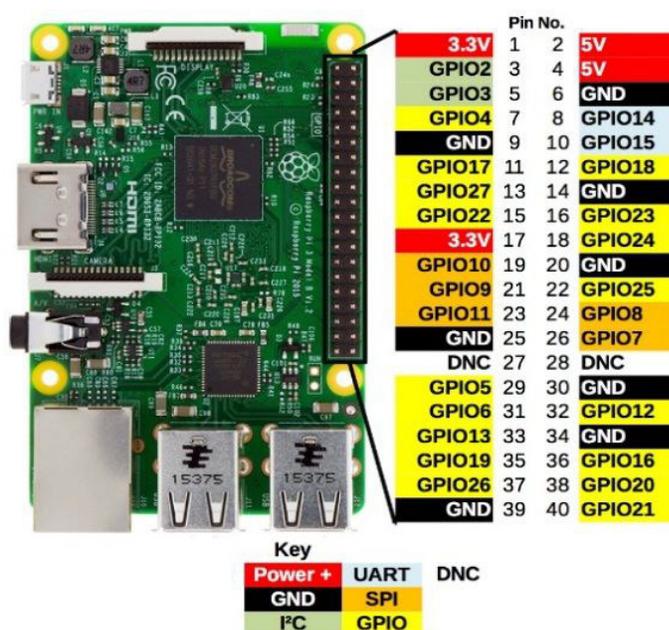


Figura 5: Rasberry pi.

Fuente: Balladares y López ,2021.

C. ESP32

Actualmente, el módulo ESP32 utiliza una versión mejorada del ESP8266, ya que incluye Wifi y Bluetooth con frecuencia de 2.4 GHz y otras potentes características extra que se muestran en la Tabla 3. Este dispositivo se adapta para su programación en el entorno Arduino IDE. Asimismo, su bajo costo y fácil accesibilidad en la programación, está demostrando ser una herramienta

educativa muy potencial, compitiendo con plataformas muy conocidas como el Arduino que lidera el mercado (Ventura y Manuel, 2022).

Tabla 3: Característica principal de ESP-32

MODELO	ESP - 32
Procesador	Tensilica LX6 240 MHz dual core - 600 DMIPS
Memoria SRAM	520 KB SRAM
Memoria Flash	Hasta 16MB
Alimentación	2.2 a 3.6V
Temperatura de trabajo	-40 a 125°C
Bluetooth	V4.2 BR/EDR y BLE
GPIO	36 pines
SPI / I2C / I2S	4/2/2
PWM	16
WIFI	802.11b/g/n HT40 Wi-Fi transceiver,

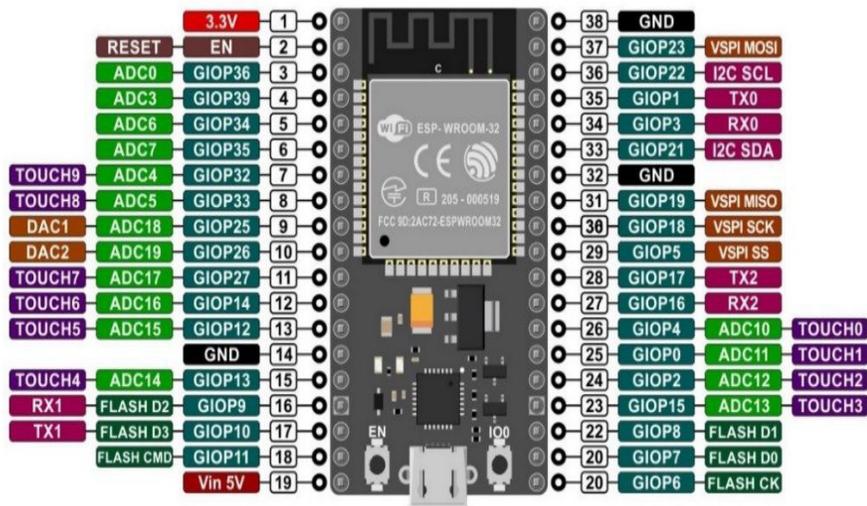


Figura 6: ESP 32.

Fuente: Ventura y Manuel ,2022.

2.2.7. Tipos de sensores en una estación meteorológica

A. Sensor de humedad y temperatura

El sensor digital DHT 22 es un tipo resistivo, utilizado para la detección de temperatura y humedad. Su característica se muestra

en la Tabla 4, en la cual indica que trabaja en una resolución de 0,1% con respecto a la humedad, siendo su rango de trabajo de 0 a 100% RH con una precisión de +/-2%, mientras que, la temperatura cuenta con un rango de -40 a 80 °C con precisión +/- 5 °C (Palaguachi ,2018).

Tabla 4: Característica del sensor DHT22

MODELO	DHT 22
Alimentación	3.3 -6 VDC
Rango de operación (humedad)	0 – 100 % RH +/- 2%
Rango de operación (temperatura)	-40 -80°C +/- 5°C
Periodo de detección	2s
Resolución	Humedad (0.1%RH) Temperatura (0.1°C)

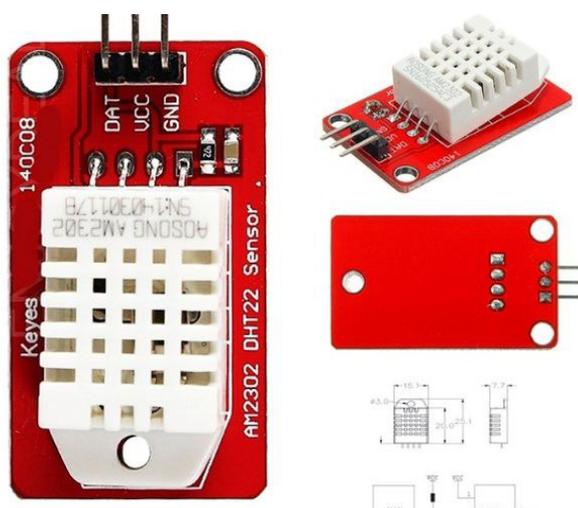


Figura 7: Sensor DHT 22.

Fuente: Palaguachi ,2012.

B. Sensor de presión atmosférica

El sensor BMP180 trabaja con un sistema piezoresistivo, diseñado para sus aplicaciones con microcontroladores mediante la comunicación del I2C. A continuación, en la Tabla 5 se brinda alguna característica de este tipo de sensor, en la cual, como principal característica, es proporcionar un rango de 300 a 1100 hPa (Héctor Pascal), y una altitud de 0 a 9100 m (Marín ,2019).

Tabla 5: Característica de sensor BMP180

MODELO	BMP180
Alimentación	3.3 -5 VDC
Rango de operación(presión)	300 a 1100 hPa
Resolución	1Pa
Rango de operación (altitud)	0-9100 m
Comunicación	I2c (3.3v)

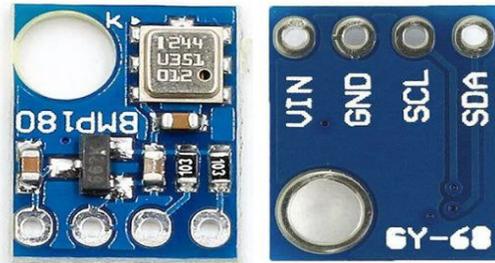


Figura 8: Sensor BMP180.

Fuente: Marín ,2019.

C. Sensor de gases tóxicos

El sensor MQ135, es utilizado principalmente para detectar los siguientes gases en rangos de 10 a 1000 partes por millón (ppm), como benceno (10 a 1000 ppm), alcohol (10 a 300 ppm), amoníaco (10 a 300 ppm) y otros gases nocivos. Este dispositivo es aplicado en diversos circuitos de control como alarmas interiores o lugares donde se deben evitar altos niveles de contaminación. A continuación, en la Tabla 6 se muestra más característica de este dispositivo (Andriy, Vasyly y Mykhaylo,2018).

Tabla 6: Características de sensor MQ135.

MODELO	MQ135
Voltaje de operación	5VDC
Temperatura de operación.	-20°C~70°C
Rangos de ppm	10ppm~1000ppm
Nivel de análisis de amoníaco (NH3)	10 a 300 ppm.
Nivel de análisis de benceno (C6H6)	10 - 1000ppm
Nivel de análisis de alcohol (C2H5OH)	10 - 300ppm



Figura 9: Sensor MQ 135.

Fuente: Andriy, Vasyl y Mykhaylo,2018.

Por otro lado, en la Tabla 7 se muestra la característica de otro sensor de gas MH-Z19, que a diferencia de los sensores MQ, este dispositivo monitorea el CO₂ por medio de infrarrojo no dispersivo (NDIR), mientras que la familia MQ aplican la variación de una resistencia. Si bien es cierto, se visualiza una mejor precisión en este tipo de sensor, pero su costo actual del mercado es muy elevado.

Tabla 7: Características de sensor de gas CO2 MH-Z19.

MODELO	MH-Z19
Voltaje de operación	3.3 - 5VDC
Corriente de operación.	150mA
Temperatura de operación.	0°C~50°C
Rangos de ppm	0ppm~5000ppm
Precisión	5% (50ppm)
Humedad de funcionamiento	0-95%RH

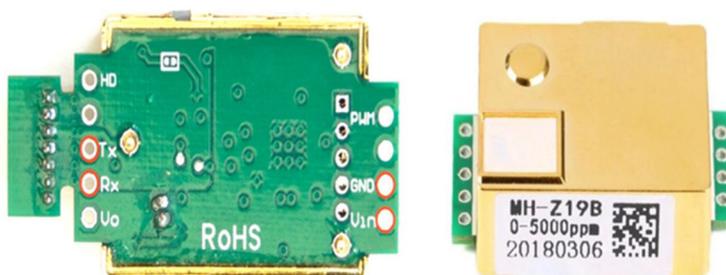


Figura 10: Sensor MH Z19.

Fuente: Andriy, Vasyl y Mykhaylo,2018.

D. Sensor de radiación ultravioleta

Es un sensor que envía una señal analógica en función de la cantidad de radiación ultravioleta detectada. Se utiliza en proyectos para monitorear las condiciones ambientales, en la cual detecta luz con longitudes de onda de 280 a 390 nm, que cubre los espectros UVB y UVA. Además, La salida analógica es linealmente proporcional a la intensidad UV en unidades mW/cm², mostradas en la Tabla 8. (Palaguachi ,2018).

Tabla 8: Características de sensor ML8511

MODELO	ML8511
Voltaje de operación	5VDC
Corriente de operación.	150mA
Rango de operación.	280 a 390 nm
Salida de voltaje	Analógica
Salida lineal	mW/cm ²



Figura 11: Sensor ML8511.

Fuente: Palaguachi ,2018.

E. Sensor de partículas

GP2Y1010AU0F, es un dispositivo para la detección de material particulado por sistema de detección óptica. Este sensor está conformado por un diodo infrarrojo y un fotorresistor que ayuda a detectar con facilidad la concentración de polvo en el aire. En la Tabla 9 se muestra con más detalle la característica de este tipo de sensor (Hinostroza, Claudio y Delgado, 2022).

Tabla 9: Características de sensor de partículas GP2Y1010AU0F.

MODELO	GP2Y1010AU0F
Voltaje de operación	3.3 - 7VDC
Corriente de operación.	20mA
Temperatura de operación.	-10°C~65°C
Sensibilidad	0.5 VDC o 0.1mg/m3
Detecta el diámetro de la partícula	>1um
Densidad del polvo rango de detección	µg/m3



Figura 12: Sensor de partículas.

Fuente: Hinostraza, Claudio y Delgado, 2022

2.2.8. Lenguajes de programación para microcontroladores.

A. Lenguaje C++.

Es un lenguaje de programación muy utilizado en plataformas comerciales como Arduino y ESP32. Fue creado a partir de una extensión del lenguaje C, que sirve para realizar programación estructurada avanzada y de alto rendimiento, siendo así muy importante en la industria de la programación. (Álvarez ,2019).

B. Lenguaje Python.

Es un lenguaje interpretado, que se ejecuta muy rápido gracias a la velocidad de los ordenadores actuales. Este lenguaje es utilizado

en desarrollo de inteligencia artificial, ciencia de datos, así como desarrollo web, entre otros. Asimismo, cuenta con aplicaciones como MicroPython y CircuitPython que son especialmente para el uso de microcontroladores (Ventura y Manuel ,2022).

C. Lenguaje Protón Basic.

Es el lenguaje de programación de última generación, en la cual, gracias a su rapidez y facilidad de adaptación, hace que sea muy utilizado en microcontroladores PIC. Cabe indicar, que este lenguaje es mucho más fácil de leer y escribir, a diferencia del lenguaje ensamblador de Microchip (Messaouda, 2011).

2.2.9. Entornos de programación para microcontroladores.

A. ARDUINO IDE.

Es un entorno multiplataforma desarrollado en Java. Donde se puede utilizar para cargar o escribir programas de los diferentes modelos de Arduino. Asimismo, este programa cuenta con la facilidad de adaptarse con diferentes marcas de microcontroladores, con la ayuda de librerías externas (Marín ,2019).

B. MPLAB -X.

Es un entorno gratuito, utilizado comúnmente para desarrollar aplicaciones de los microcontroladores PIC de MICROCHIP. Permite programar aplicaciones con diferentes compiladores y lenguajes como el C, C++ y Assembler, en la cual, este último lenguaje se sigue manteniendo desde sus inicios en el entorno MPLAB IDE (Vicente, Fernández y Robles, 2018.).

C. THONNY IDE

Es un entorno de desarrollo integrado IDE para Python, que permite la conexión entre un ordenador y un microcontrolador, en la cual destaca por su fácil instalación y uso. Además, es compatible con los diversos sistemas operativos comerciales para programar los microcontroladores ESP32 Y ESP8266 (Ventura y Manuel,2022).



Figura 13: Entorno y lenguaje de programación para microcontroladores

2.2.10. Plataforma y herramientas de IoT

A. Cayenne myDevices

Es una plataforma aplicada en el entorno del IoT, utilizado comúnmente en los dispositivos educativo, como el Arduino, ESP 32, Rasberry pi, entre otros. Una de las mayores ventajas que tiene es que es una solución rápida y eficiente, ya que permite configurar un sistema sin programar (Cayenne, 2022).

B. ThingSpeak

Esta plataforma de IoT, permite a los usuarios comunicarse con dispositivos habilitados por medio del Internet, en la cual, fue desarrollada por MathWorks que responde a las necesidades de visualizar y analizar datos en tiempo real. Asimismo, cuenta con la disponibilidad de desarrollar algoritmo en MATLAB para realizar todo el proceso de preprocesamiento, análisis y visualización de datos (ThingSpeak ,2022).

C. Grafana

Es un software libre de control flexible que cada usuario puede personalizar fácilmente según sus necesidades. Este software facilita crear tablas y gráficos estadísticos a partir de una variedad de fuentes, incluidas bases de datos de series temporales como InfluxDB y OpenTSDB, que brindan una optimización más óptima para el desarrollo y monitoreo de sistemas (Grafana, 2022).

D. Ubidost

Ubidots es una plataforma que permite a las compañías, centros de estudio, entre otros, crear proyectos con IoT que procesen datos de sensores y actuadores en informaciones estadísticas con simple configuraciones. Es decir, Ubidots es un medio potente y asequible que integra la tecnología IoT en proyectos comerciales o de investigación en grande escala (Ubidost ,2022).

2.2.11. Tipos de base de datos.

A. MySQL

Es una base de datos de código abierto conocido comúnmente en el mundo informático. Esto se debe, a la eficiencia, confianza, efectividad y rendimiento que genera en el desarrollo de diversas aplicaciones en la web. También se considera una opción de base de datos integrada muy popular compartida por miles de proveedores de software (Dawodi, Hedayati, Baktash, y Erfan,2019).

B. MongoDB

Dispone de una excelente escalabilidad y flexibilidad, así como un modelo avanzado de consulta e indexación. Es un sistema de gestión de base de datos NoSQL que facilita procesar los datos rápidamente. Además, es un modelo orientado a documentos almacenado en BSON que se relaciona a la aplicación de números binarios que se le conoce comúnmente en JSON, en la cual no aplica tablas y no requiere de un esquema como el SQL (Sudarsono et al. ,2021).

C. María DB

Es un sistema de gestión de base de datos relacionado con MySQL que fue elaborado para mantener la gestión de bases de datos en un software de libre acceso. Actualmente, MariaDB también incluye varias funciones de firma de MySQL, agregando algunas mejoras como la capacidad de ejecutar consultas complejas y guardarlas directamente (Sudarsono et al. ,2021).

D. Influx DB.

Es una base de datos de series temporales, en la cual genera un almacenamiento rápido y de alta disponibilidad. Puede funcionar como una solución independiente, o se puede utilizar para procesar datos de sistema de monitorización de aplicaciones e infraestructuras en la nube. Además, InfluxDB es muy utilizado para el Internet de las cosas, los datos de sensores y las soluciones de automatización del hogar como la domótica, entre otros (InfluxDB, 2022).

Plataforma de IoT	Base de datos
 Grafana	 InfluxDB
 Cayenne IoT Ready™	 MySQL®
 ubidots	 MariaDB Foundation
 ThingSpeak	 mongoDB®

Figura 14: Plataforma de IoT y base de datos.

2.2.12. Cálculo de errores en datos experimental.

El cálculo de errores, ayudará a determinar un aproximado del verdadero valor de la magnitud física a medir como son la temperatura, humedad, presión atmosférica, gases tóxicos, entre otros. En donde se medirá el valor promedio, error absoluto, error porcentual y finalmente la expresión científica (Posadas, 2012).

- **Valor promedio** $\bar{x} = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{N}$
- **Error absoluto** $= \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{N(N-1)}}$
- **Error porcentual** $= \frac{\text{Error absoluto}}{\bar{x}} * 100$
- **Exp. Cien.** $= \bar{x} \pm \text{Error absoluto}$

2.2.13. Ecuaciones de estadísticas descriptiva.

Permite organizar y presentar un conjunto de datos de manera que describan en forma precisa las variables analizadas haciendo una rápida lectura e interpretación. En la cual, principalmente se encuentra en la distribución de frecuencia y la representación gráficas de las magnitudes a medir (Posadas, 2012).

2.2.14. Encuesta

Una encuesta es un método que utiliza un conjunto de procedimientos para obtener y analizar una muestra de una cierta población (López y Fachelli ,2015). Existen diversos tipos de encuesta, que a continuación se indica:

A. Según sus objetivos

- Descriptivas: El objetivo es desarrollar un registro relaciona a las actitudes o condiciones de una población.
- Analíticas: Describe conductas o actitudes de acuerdo con diferentes hipótesis con la finalidad de probar las hipótesis.

B. Según el tipo de respuesta

- Respuesta cerrada: Consiste en solo marcar alternativas sin necesidad de realizar una argumentación o explicación.

- Respuesta abierta: A diferencia del anterior, nos brinda la posibilidad de argumentar con más detalle la respuesta a la pregunta que responde el encuestado.

C. Según el modo de administración

- Personal: Es una encuesta que se realiza mediante una entrevista entre el entrevistador y entrevistado, en la cual tiene como ventaja una mayor interacción y precisión en los datos que se plantean ya que hay una mejor comunicación.
- Telefónica: Encuesta que se realiza en el mismo tiempo, pero en lugares distintos por la vía telefónica. Este tipo tiene como finalidad reducir costos y ahorrar tiempo.
- Internet: Esta encuesta tiene múltiples opciones de ser enviada por medio de un correo, una web, entre otros. La ventaja es que puede ser autoadministrada, es decir, no puede estar presente necesariamente el entrevistador, en la cual genera un ahorro de tiempo por la aplicación de la tecnología.

2.3. MARCO METODOLÓGICO

2.3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación de la presente tesis está enfocada a la aplicación tecnológica, debido a que se emplea experimentalmente diversas herramientas para el monitoreo de las magnitudes ambientales que recopilará la estación meteorológica en los humedales de Ventanilla. Asimismo, este sistema tiene como finalidad informar a los ciudadanos del estado ambiental que se encuentra cierta área de estudio. De esta manera, se pretende incidir en más investigación, ya que estas biodiversidades son fundamental para la sociedad.

2.3.2. Metodología de la investigación

A. Contexto o escenario de la investigación

El sistema propuesto se implementará en los humedales de Ventanilla, ubicada en la provincia constitucional del Callao. En la

cual, está conformado por 126 especies de aves y 27 especies de planta nativa que por ahora persiste en dicho sistema (MINAM, 2020). La elección del lugar, es debido a que en los últimos años los humedales ubicados en Ventanilla se han reducido de 1500 a 275.45 hectáreas, esto se debe a diversos factores que genera la sobrepoblación que hay en la ciudad Lima; asimismo, el calentamiento global y la contaminación son las otras causantes de este problema que acoge los humedales (Villacorta ,2019).

B. Muestra y participante

Las primeras encuestas se tomarán a las personas encargadas del parque ecológico municipal “Mirador” que solo pertenecen a 20 hectáreas de las 275.45 existentes en aquel lugar. Asimismo, se pretende también realizar una encuesta pre y post instalación a los pobladores del AA. HH Valle Verde, debido a que ellos son los principales autores que viven alrededor de los humedales. Cabe indicar, que la encuesta se realizará a personas mayores de 18 años a 40 años, de ambos sexos.

C. Diseño o abordaje

El sistema propuesto está conformado por un microcontrolador que procesará los datos ambientales mediante sensores de temperatura, humedad, presión atmosférica y gases tóxicos. Estos datos serán transmitidos mediante WIFI a la nube, para luego ser visualizado a una plataforma de IoT. La plataforma Grafana, está conformado por cuadros estadísticos en la cual recopilara datos en tiempo real y será almacenado a una base de datos (Influx DB), para posteriormente realizar el análisis y comparación de valor anormales que puedan ver en los puntos estratégicos donde se desea monitorear. Asimismo, la plataforma de IoT contará con la facilidad de ser accesible para los usuarios que tengan un ordenador o smartphone que cuenten con la disponibilidad de internet.

D. Procedimiento

Antes de iniciar la instalación, se debe considerar previamente la encuesta a los pobladores del AA. HH Valle Verde, para ello se realizará una serie de preguntas para comparar la opinión pública con respecto a la plataforma del lot y la estación meteorológica que se propone. Luego de la encuesta, se pretende instalar el sistema durante 30 días para realizar las diversas recopilaciones de datos ambientales de los humedales, en la cual, se busca captar los valores diarios que se actualizarán cada 14 segundos durante las 24 horas del día. Posteriormente, se procederá a realizar diversas comparaciones y análisis en los cuadros estadísticos que se visualizarán en la plataforma Grafana. Finalmente, al culminar los 30 días del monitoreo, se realizará nuevamente una encuesta a los pobladores, con el fin de obtener una opinión pública favorable y las observaciones relacionados con el uso de la plataforma de lot y la contribución del método informativo que se pretende radicar a los pobladores.

2.4. MARCO LEGAL

2.4.1. Decreto Supremo N°13- 2020 MINAM

Aprueban disposiciones generales para el manejo multidisciplinario y descentralizado de los humedales. Los artículos 67 y 68 de la constitución política del Perú establecen que el país define una política ambiental nacional que promueva el uso sostenible de sus recursos naturales. También debe promover la protección de la diversidad biológica y las áreas naturales protegidas (MINAM ,2020).

2.4.2. Ley N° 28245: Ley del Marco de Sistema Nacional de Gestión Ambiental

En el Artículo 10 de la Ley N° 28245. Ley del Marco de Sistema Nacional de Gestión Ambiental, de conformidad con lo dispuesto en el Tercer Anexo Final de la Cláusula del Decreto Legislativo N° 1013, se dispone que el Departamento Ambiental (Ministerio del

Ambiente) podrá dictar las disposiciones integrales necesarias para definir procedimientos que aseguren la protección, conservación y promoción de la calidad del medio ambiente, los recursos naturales y la biodiversidad (MINAM ,2014).

2.4.3. Decreto Supremo N° 005-2013-PCM

Se crea un comité permanente multisectorial denominado “Comisión Nacional de Humedales”, bajo la supervisión del MINAM, que tiene como finalidad promover la buena gestión de los humedales a nivel nacional y verificar el cumplimiento de las obligaciones derivadas de la Convención sobre Humedales de Importancia Internacional, en especial la Convención sobre Hábitats de Aves Acuáticas, en relación con la Convención de Ramsar (MINAM ,2013).

Asimismo, en el artículo 17 y 20 relativos a las funciones de los gobiernos locales, de acuerdo con la Ley Reguladora Urbana, Ley N.º 27972, establece que los gobiernos locales tienen funciones específicas para regular el uso del suelo en la zona y preservación del medio ambiente. Dentro de este marco, los gobiernos locales pueden tomar acciones para asegurar el manejo, desarrollo y sostenibilidad de los humedales ubicados dentro de su área para el desarrollo de un plan de gestión sostenible de acuerdo al marco legal vigente, en la cual, indica que tienen una vigencia mínima de 5 años, En donde se debe especificar objetivos y acciones para conservar los humedales como parte de un enfoque integrado de gestión del territorio. Por otro lado, en el artículo 30 se menciona, en el marco de la legislación aplicable, la prohibición de cualquier actividad en zonas húmedas, como son:

- Descarga no autorizada de aguas residuales sin tratamiento previo.
- Explotación de coberturas vegetales y turbas y conversión de usos de suelo sin autorización de la autoridad competente.
- Introducción de especies exóticas invasoras.

- Actividades de cualquier tipo sin permiso de la autoridad competente.
- La caza furtiva, la apropiación o recolección de muestras de vida silvestre, así como la recolección ilegal de plantas silvestres.
- Explotación, aprovechamiento, uso ilegal de los recursos forestales, salvo que son explotados para sobrevivir.

CAPÍTULO III: DESARROLLO

3.1. Identificar la situación actual de los humedales de Ventanilla.

Los humedales en el Perú son ecosistemas frágiles, principalmente por la proximidad que hay entre cierta área y la urbanización, en la cual genera un inadecuado manejo de los hábitats y recursos que estos ecosistemas brindan. Actualmente, en el territorio peruano existe un aproximado de 8 millones de hectáreas de humedales, en donde solo 14 de los 46 sitios que existen en el país, son consideradas como sitio RAMSAR, es decir, de importancia internacional, en la cual, en conjunto con el Ministerio del ambiente por medio del SERNANP (Sistema Nacional de Áreas naturales Protegidas) son los encargados de supervisar y realizar programas para la protección de ciertos lugares. A continuación, se brinda una breve información de los humedales protegidos por ciertas entidades (Andina, 2022).



Figura 15: 14 humedales del convenio Ramsar.

Fuente: Andina ,2018

- **Reserva Nacional de Paracas (Ica)**

Fue reconocida como sitio Ramsar en 1992. La reserva natural también cuenta con una rica diversidad representada por especies marinas costeras como 216 especies de aves, 36 de mamíferos, 10 de reptiles, 168 de peces y una gran cantidad de invertebrados.

- **Reserva Nacional Pacaya Samiria (Loreto)**

Sus bosques de llanura aluvial cubren más del 80% (965 especies) del área total del área protegida. Son el hogar de más de 1000 especies de fauna como el manatí, delfín rosado y gris, lobo de río, puma, etc.

- **Santuario Nacional Lagunas de Mejía (Arequipa)**

Se pueden encontrar 48 especies de plantas superiores y 17 especies de algas o plantas inferiores. Los tipos de plantas que se encuentran en el área dependen principalmente de la disponibilidad de agua y las condiciones del suelo, muchos de ellos tienen alta tolerancia a la salinidad. Por otro lado, con respecto a la fauna, la reserva se compone de una gran cantidad de aves, en la cual se han registrado 211 especies de aves.

- **Reserva Nacional de Junín (Junín y Pasco)**

Es una reserva de una variedad de aves migratorias, endémicas y residentes y es uno de los humedales más ricos de los Andes peruanos. Se pueden observar géneros únicos, siendo los más representativos las alas y espigas. Ambas especies son endémicas de los lagos, es decir, solo se pueden encontrar en la reserva de Junín. Por otro lado, las principales comunidades vegetales son pastizales densos de altura, como pastos de puna, bofedales, ocotales y totorales.

- **Lago Titicaca (sector peruano), Puno**

Es considerando el lago más grande de Sudamérica con una superficie de 3300 km², de las cuales 36,180 hectáreas son consideradas reserva nacional y reconocida por la Convención Ramsar en 1997. Existen registradas 159 especies de fauna, en donde se encuentra 15 mamíferos, 105 especies de aves, 9 anfibios, 4 reptiles y más de 26 especies de peces. Asimismo, cuenta con 171 especies vegetales, en la cual, la más resaltante son la totora.

- **Santuario Nacional Los manglares de Tumbes (Tumbes)**

Actualmente albergan alrededor de 148 especies de aves, de las cuales 19 especies son endémicas de Tumbes; también viven de 10 especies de mamíferos, 105 especies de peces, 34 crustáceos y 9 especies de

reptiles, entre otros. De acuerdo a la vegetación, la especie dominante es el mangle, se puede dividir en cinco especies: roja, colorada, salada, blanca y piña, la cual está más relacionada con el bosque seco ecuatorial.

- **Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa (Lima)**

Son una de las pocas áreas naturales cercanas a la urbanización y fueron reconocidas como sitio RAMSAR en 1997. Actualmente, de las 2000 hectáreas solo 285 son reconocidos como humedales, en donde habitan 210 especies de aves (aves residentes y migratorias), 13 peces, 5 anfibios y reptiles. La vegetación está representada por 67 especies de plantas, como el granate en suelos arenosos donde la hierba salada es la más dominante, el totoral y el matorral en áreas inundables.

- **Bofedales y Lagunas de Salinas (Arequipa)**

Originalmente se suponía que debía proteger a la vicuña, pero hoy también es el principal reservorio de la ciudad de Arequipa y sus alrededores. Abarca una superficie de 366.936,00 hectáreas y alberga 37 especies de mamíferos, 158 especies de aves, 5 especies de reptiles, 4 especies de anfibios y 3 especies de peces. La flora se compone principalmente de 358 especies de plantas, de las cuales se distinguen especies de pastos y arbustos. Los más importantes son la hierba roja, el matorral del desierto, los bofedales y el queñual.

- **Laguna del Indio – Dique de los Españoles (Arequipa)**

Se encuentra a una altitud de 4440 msnm, abarcando 502 hectáreas y forma parte de la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca. Esta es una laguna estacional que se convirtió en permanente con la construcción del embalse de la Ciudad de Arequipa y la planta hidroeléctrica aguas abajo. La laguna suele albergar aves como gansos andinos, patos andinos, mariposas tricolores y ánades reales, así como mamíferos como llamas, alpacas y vicuñas.

- **Lagunas Las Arreviatadas (Cajamarca)**

Esta laguna fue considerada como sitio Ramsar en el 2007, cuenta con una extensión de 1250 hectáreas, conformada principalmente por 4

lagunas de origen glaciar a más de 4.000 metros de altitud. Habitan con diversas variedades de faunas, como el tapir andino, venado de collar rojo, el oso de anteojos y aves como *Leptosittaca branickii*.

- **Complejo de humedales del Abanico del Rio Pastaza (Loreto)**

Considerado sitio Ramsar desde 2002, el sitio cubre más de 3,8 millones de hectáreas de bosques inundables, ríos y lagos entre 100 y 200 metros sobre el nivel del mar. Es incluso el único de los 14 humedales Ramsar del Perú, que representa el 56 por ciento de todos los humedales Ramsar del país. Se componen de humedales permanentes y estacionales que contiene palmeras y especies de peces.

- **El Humedal Lucre – Huacarpay (Cusco)**

Se encuentra ubicado en el distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi, Cusco. Cuenta con 1978.85 hectáreas, en la cual hay diversas especies de aves, como la trepadora pechirroja, la espinella rayada, llegando a registrar un total de 108 especies, entre permanentes, migratorias e irregulares. Asimismo, en el humedal Huacarpay se muestra especies de flora como el chachacomo, molle, lambran, capulí, y otras especies de árboles conocidos comúnmente en la zona por su origen.

- **Los manglares de San Pedro de Vice (Piura)**

Está ubicado en un predio de 3000 hectáreas en Piura. Este santuario regional está ubicado en la costa del Océano Pacífico en el vasto Desierto de Sechura, el más grande del Perú. Actualmente conviven entre 110 especies de aves, como pelícanos, flamencos, gaviotas, algunas en peligro de extinción, como la golondrina peruana; Además, cuenta con 50 especies que viven en el manglar.

- **Santuario Nacional Tabaconas Namballe (Cajamarca)**

Se encuentra ubicada en la provincia de San Ignacio, Cajamarca. Tiene una superficie de 32.124,87 hectáreas. Actualmente, protegen a dos especies en peligro crítico a nivel nacional, que es el oso de anteojos y el tapir de altura. Con respecto a la fauna, cuenta con 59 especies de mamíferos, 186 de aves, 13 de anfibios, 5 de reptiles, entre otros. Mientras

que, en la flora, se ha reportado una presencia de 286 especies de plantas.

Finalmente, luego de conocer los 14 ecosistemas que están protegidos por RAMSAR, es muy importante indicar que las 32 biodiversidades restantes son protegidas por las autoridades locales y regionales, en la cual no todos estos últimos ecosistemas están teniendo un correcto control o protección de parte del estado. Esta falencia se visualiza actualmente en el país y en especial en los reservas o humedales costeros, que no son ajenos a los problemas que afrontan el calentamiento global y el efecto invernadero. Es por ello que, a continuación, se detallará algunos sucesos que impactaron diversos ecosistemas generados por incendio, invasiones, entre otras acciones humanas.

3.1.1. Incendio en los pantanos de Villa -Chorrillos.

En el presente año, sucedió un hecho muy controversial cerca de la instalación de los pantanos de Villa. Hubo un incendio forestal de código 2 durando un promedio de 5 h, en donde se pudo controlar el incendio por la CGBVP (Central de Emergencia de la Compañía General de Bomberos Voluntarios). Algunos autores de los hechos, manifestaron que el incendio se originó en una instalación de 2000 m² donde se almacenaba cartón. Cabe indicar, que si bien es cierto no llegó a mayores el incendio, sí afectó indirectamente a la reserva natural de pantano de villa, ya que hubo una alteración de 15% en la calidad de aire, poniendo en riesgo la vida de flora y fauna silvestre del lugar. Por otro lado, SENANMHI informó que los contaminantes del aire ocasionados por el incendio se llegaron a desplazar con dirección noreste hacia distritos Aledaños en la ciudad de Lima (Andina, 2022).



Figura 16: Incendio en pantanos de Villa.

Fuente: Andina ,2022.

3.1.2. Invasión en las Lomas de Amancaes

Como segundo suceso, se hablará de las Lomas de Amancaes ubicado en el Rímac, Lima. Actualmente, es reconocido como ecosistema frágil por el Ministerio de Agricultura y Riesgo, sin embargo, las invasiones permanentes y las actividades industriales ponen en peligro a cierto lugar, que está conformado por un promedio de 237 hectáreas, que va disminuyendo debido a la expansión urbana que hay en la ciudad de lima, en la cual se promedia que las lomas van perdiendo 30 hectáreas por dichos factores. Esta biodiversidad incluye diversas especies de plantas silvestres, como es la tara, el palillo, el mito, el huarango, que tienen la capacidad de captar la neblina del área; asimismo es comúnmente visualizar la animal vizcacha, que es un hermoso roedor parecido a la ardilla, de la misma manera, también se aprecia lagartos y aves migratorias, entre otros animales silvestres.



Figura 17: Invasión en las Lomas de Amancaes.

Fuente: El Comercio ,2021.

3.1.3. Degradación de los humedales de Ventanilla en los últimos años.

Finalmente, se procederá a hablar de los Humedales de Ventanilla, que actualmente cuenta con una extensión de 275.45 hectáreas, que ha ido degenerándose a causa de la rápida expansión urbana debido a la sobrepoblación que hay en la capital de Lima, que a la actualidad existe un promedio de 10 millones 4 mil 141 habitantes, que representan el 29,9% de la población del Perú (INEI,2022). Hoy en día, esta área se encuentra a cargo de la región Callao, en la cual se encuentra ubicada en la zona centro-occidental del distrito de Ventanilla (provincia y región Callao) y en la parte baja y centro-occidental de la cuenca del Río Chillón mostrada en la Figura 18.

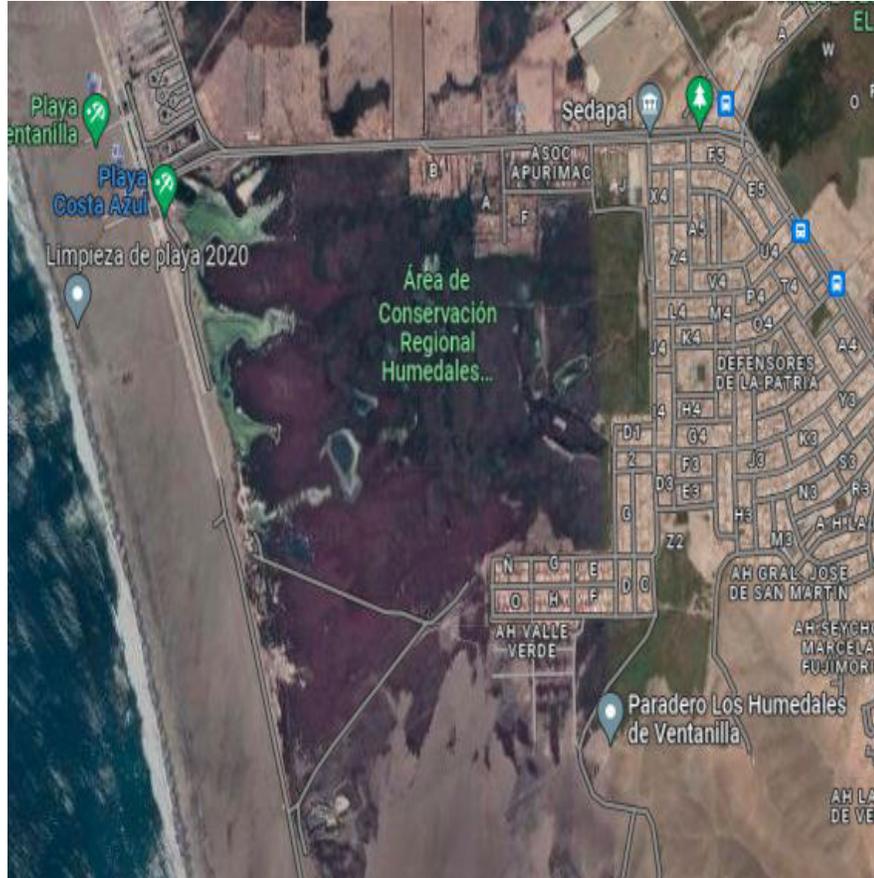


Figura 18: Ubicación geográfica de los humedales de Ventanilla.

Fuente: Google maps ,2022.

Luego de visualizar la ubicación geográfica, es muy importante indicar que los humedales de Ventanilla se han reducido considerablemente durante las últimas décadas y esto se debe a varios factores en la cual iniciaron desde las décadas de los 80 y 90, donde hubo las primeras invasiones aledañas a los humedales de Ventanilla. Este ecosistema fue perdiendo terreno por varias falencias que existieron desde aquel entonces, a pesar de que en el 2006 ya los humedales fueron reconocidos como área de conservación regional. Hoy en día se promedia, que en los últimos 3 años se ha perdido 16 hectáreas a base de invasiones, incendios forestales intencionados, en la cual estas acciones están destruyendo ciertas áreas de los humedales visualizados en la Figura 19.



Figura 19: Principales causas de la contaminación de los humedales.

Fuente: Defensoría del Pueblo ,2021

Asimismo, se promedia que actualmente habitan un aproximado de 16492 habitantes en los lugares aledaños de este ecosistema conocidas comúnmente como el AA. HH Defensores de la patria y Valle Verde, en la cual este último asentamiento humano sigue sin contar con los servicios básicos de agua y desagüe, lo que genera una gran alarma en los humedales, ya que lo más probable es que estos desechos que generan los pobladores vayan a los lagos de esta biodiversidad, amenazando directamente con el ecosistema acuático y ciertas especies que habitan hacia su alrededor .De la misma , sucede con los desechos de basura, debido a que no hay un correcto control de parte de las autoridades para impartir o impulsar el recojo de basura diaria, en la cual se supone que esos desechos inorgánicos lo estarían botando o quemando directamente a los humedales, generando gases nocivos que son dañinos para la salud , la flora y fauna que existen en cierta área de estudio (Villagra,2017).

Asimismo, estos hechos indebidos que están afectando las biodiversidades, han generado que, en un último estudio realizado por especialista de la Universidad mayor de San Marcos, indiquen

que la calidad de agua en los humedales de Ventanilla es muy pobre y mala, ya que encontraron un elevado porcentaje (70%) de gasterópodos, lo que demuestra que hay una alteración en la calidad del agua de este humedal. Finalmente, luego de ver las principales incidencias que generan la exterminación de los humedales de Ventanilla, en la siguiente Tabla 10, se procederá a indicar brevemente la flora y fauna que aún persisten en cierta área de estudio.

Tabla 10: Flora y fauna de los humedales de Ventanilla

FLORA	FAUNA
27 especies de plantas nativas:	126 especies de aves:
Totora, Junco. Carrizo	Gavilán acanelado, cernícalo americano
Bolboschoenus maritimus,	Cigüeñuela, entre otros.
Schoenoplectus californicus,	22 Scolopacidae ,14 Laridae
Cyperus laevigatus,	5 especies de reptiles (Gecko y
Sarcocarpio fruticoso, entre otros.	lagartijas), entre otros

Por otro lado, los humedales de Ventanilla presentan un clima determinado por una micro cuenca cerrada, cuya temperatura anual es de 19.75 °C., con temperaturas máximas de 27° C en febrero y mínimas de 14. 8°C en septiembre. Actualmente, cuenta con diversa infraestructura turística que permite disfrutar de este ambiente natural, llegando a tener el parque “mirador” conformado por 20 hectáreas. Este recurso natural presenta 12 espejos de agua, 121 especies de aves, algunas en amenaza, como la garza blanca grande, la gallareta andina, entre otros. El lugar permite el crecimiento de plantas de totoras, juncos, granadales y heliconias, exclusivas de los humedales indicadas en la Tabla 10. Por otro lado, los humedales de Ventanilla, son un lugar ideal para muchas especies de peces, alguna de ellas ornamentales, en la cual corren el riesgo de desaparecer por los diversos factores indicados anteriormente. A continuación, en la Figura 20, se muestra las diversas especies de flora y fauna que habitan en los humedales de Ventanilla. (Carazas, Gil, Liviac, Zarate y Montalvo ,2016)



Figura 20. Flora y fauna de los humedales de Ventanilla.

Fuente: Andina ,2021.

Para tener una idea más clara de la situación actual de los humedales, se procedió a realizar una encuesta descriptiva, a la población aledaña de cierta área, quienes son los principales actores de esta controversia que sucede en esta biodiversidad. Para ello, la muestra se obtuvo a partir de la ecuación 1 (QuestionPro, 2022).

$$n = \frac{K^2 \times p \times q \times N}{(e^2 \times (N-1)) + K^2 \times p \times q}$$

Donde:

- **N**: Es el tamaño de la población o universo.
- **k**: Es una constante que depende del nivel de confianza que se asigne en el estudio. Para el 95% de confianza el valor de k vale 1.96.
- **e**: Es el error deseado. Ejemplo: 5% ,10% entre otros.
- **p**: Es la proporción de la población con la característica deseada.
- **n**: Es el tamaño de la muestra.
- **q**: Es la probabilidad de fracaso o proporción de respuestas en la otra categoría.

Aplicando la formula, se definió un margen de error de 5%, un nivel de confianza de 95% y finalmente calculando con la población de 16492 habitantes que residen en el AA. HH Valle Verde, se obtuvo un número de muestras de 376 personas que se procederá a realizar una encuesta por medio de la herramienta de Google Forms que consta de 5 preguntas que a continuación se muestra.

1. ¿Hace cuánto vive usted en la zona?
2. ¿Cuál considera usted que es un agente contaminante en la zona?
3. ¿Anteriormente las autoridades han realizado una inspección respecto a la contaminación en la zona? ¿Con qué frecuencia?
4. ¿Cree usted que sería beneficioso un sistema de monitoreo de parámetros ambientales para ver la situación actual de la zona?
5. Si usted ha marcado Si en la pregunta anterior, ¿quién debería gestionar este sistema de monitoreo?

Tabla 11: Escala de preguntas de encuesta

PREGUNTAS	ESCALA
1	>20 años, 10 - 20 años, 5 - 10 años y < 5 años.
2	fábricas, sistema de recojo de basura, ganadería y sobrepoblación.
3	Siempre lo hacen, 1-2 veces al año, 1-2 veces cada 5 años y nunca lo hacen.
4	Si - No.
5	La municipalidad, los pobladores, el estado, agente particular, otros.

Cabe indicar, que estas preguntas son de respuesta cerradas y de opciones múltiples mostradas en la Tabla 11, con la finalidad de optimizar la agilización de los encuestados. Los resultados que se obtuvieron en la respectiva encuesta se detallan a continuación:

- Los pobladores indicaron que el 45.2% viven más de 20 años en la zona aledaña a los humedales; asimismo, el 25.8% habitaron el lugar entre 10 a 20 años, el 16.1 % entre 5 a 10 años y, finalmente, el 12.9% menos de 5 años. Estos datos se muestran en la Figura 21.

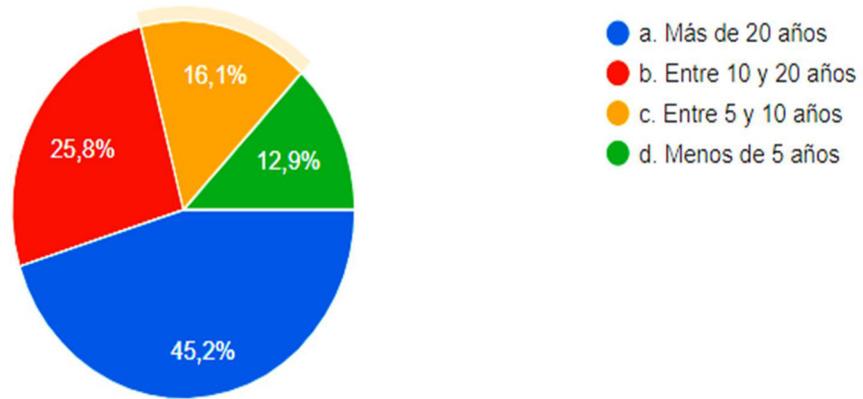


Figura 21: Estadística de la primera pregunta de encuesta.

Fuente: Google Forms ,2022.

- Por otro lado, en la segunda pregunta, los encuestados indicaron que el agente más contaminante son las fábricas con un 74.2%, la sobrepoblación e invasión 54.8%, la falta de un sistema de recojo de basura 48.4% y finalmente la ganadería con 32.3% mostradas en la siguiente Figura 22.

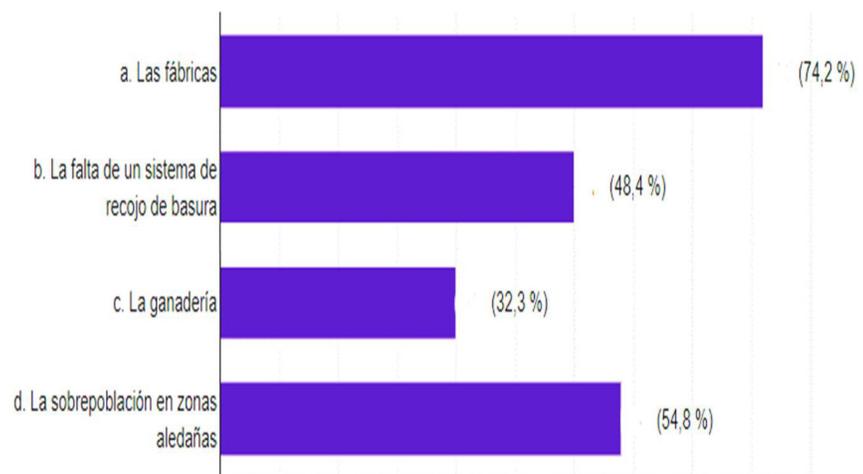


Figura 22: Estadística de la segunda pregunta de la encuesta.

Fuente: Google Forms ,2022.

- De la misma manera, en la tercera pregunta los encuestados indican que, el 43,8% las autoridades no vienen a realizar una inspección respecto a la contaminación en los humedales de Ventanilla. Luego, el 40,6% indicaron que realizan 1 a 2 veces cada 5 años la inspección; asimismo, el 9,4% lo realizan 1 a 2 veces cada año y finalmente, el 6,3% indican que siempre suelen hacer una inspección de los humedales. Estos datos están mostrados en la Figura 23.

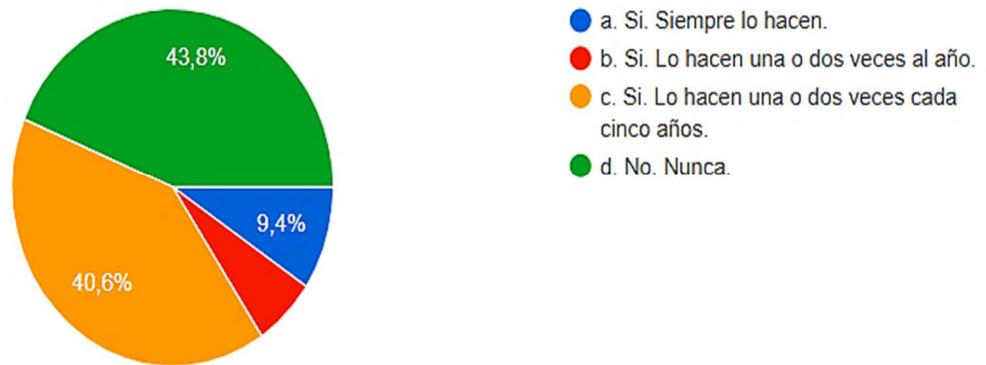


Figura 23: Estadística de la tercera pregunta de la encuesta.
Fuente: Google Forms ,2022.

- Asimismo, en la cuarta pregunta, el 96,9% de encuestados indican que sería beneficioso un sistema de monitoreo de parámetros ambientales para ver la situación actual de la zona, mientras que solo el 3,1% indican que no.

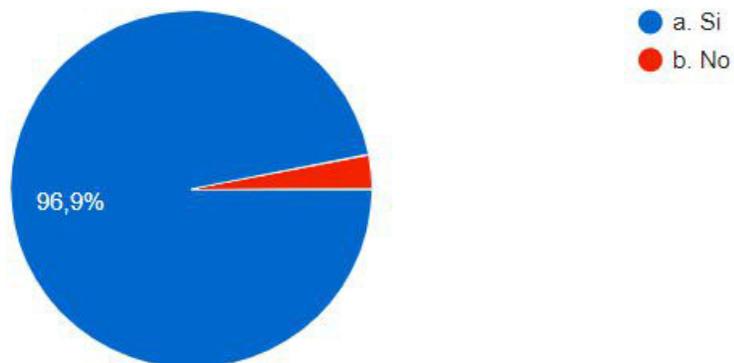


Figura 24: Estadística de la cuarta pregunta de la encuesta.
Fuente: Google Forms ,2022.

- Por último , en la quinta pregunta, el 51.6% de los encuestados consideran que estos tipos de proyecto deberían gestionarlo el gobierno local (municipalidad), el 29% el estado (ministerio del ambiente), 12.9% un agente particular y, por último, 6.5% los propios pobladores. Estos datos se muestran en la Figura 25.

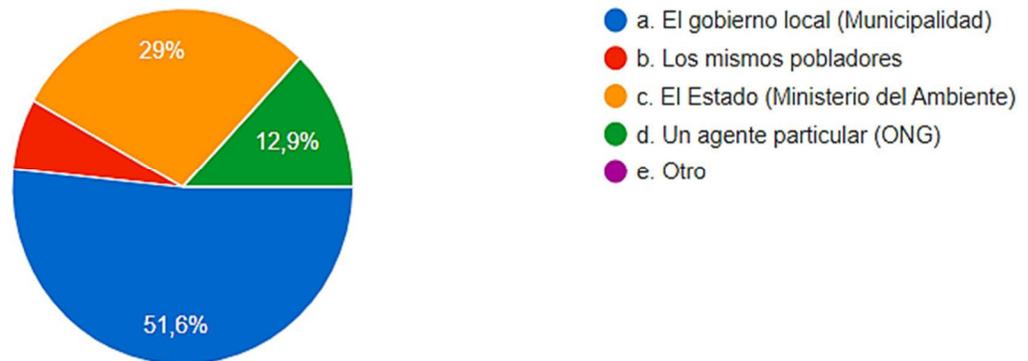


Figura 25: Estadística de la quinta pregunta de la encuesta.

Fuente: Google Forms ,2022.

Finalmente, esta encuesta nos sirve de mucha ayuda para tener una idea más clara con respecto al diseño de la estación meteorológica que se desea implementar, ya que, si bien es cierto, existen diversos trabajos de investigación que nos brinda información de la situación actual de los humedales, estoy convencido de que la opinión de los pobladores nos deslumbra una información más actual, porque ellos viven la situación a diarios en las instalaciones aledañas de los humedales de Ventanilla.

3.2. Diseñar la estación meteorológica que se plantea implementar.

En esta sección se detalla cada punto del diseño de la estación meteorológica para las detecciones de diversas magnitudes ambientales que se desea recopilar en los humedales de Ventanilla. Para ello, en la Figura 26, se muestra el diagrama de bloque del sistema propuesto, en la cual está dividido en 4 puntos que se hablara a detalle, como es la identificación de magnitudes ambientales, procesamiento de señal, procesamiento de datos web y monitoreo del sistema.

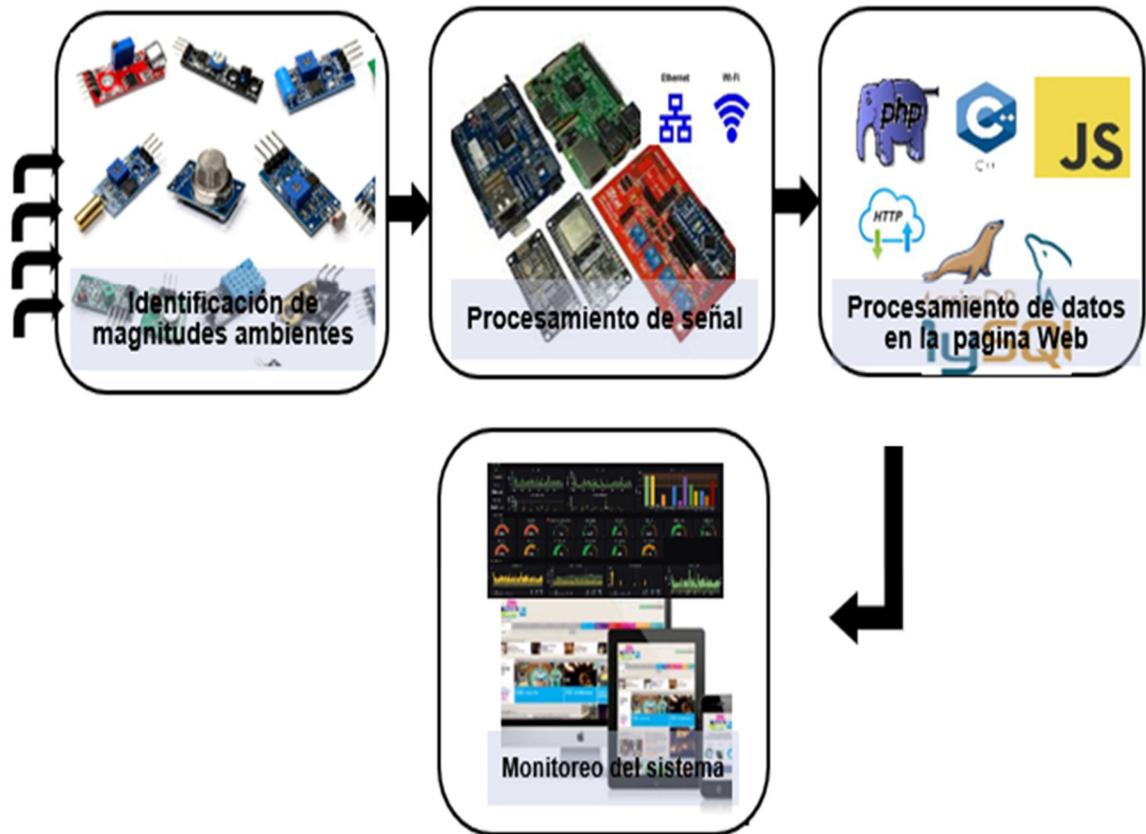


Figura 26: Diagrama de bloques del diseño propuesto.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1. Identificación o justificación de variables

En esta etapa, se describe la característica que debe tener los sensores que se utilizará en la estación meteorológica. En la cual, deberá monitorear las magnitudes esenciales, como gases tóxicos, humedad, presión barométrica, altitud y radiación ultravioleta, que a continuación se hablará con más detalle del porqué de la selección de estas magnitudes.

Como primer punto, la selección de un sensor de gases tóxico se debe al respaldo de la encuesta que se realizó a los pobladores, mostrada en la Tabla 11 - pregunta 2, donde indican que el mayor índice de contaminación de los humedales, se concentran en las fábricas y la quema de desechos inorgánicos de los ciudadanos. Es por ello que, al ver esta situación, se consideró indispensable el uso de un sensor que realice el monitoreo de nivel de gases tóxicos.

En la cual en la Tabla 12, se muestra los rangos de ppm de algunos gases que debería contar el sensor a seleccionar más adelante.

Tabla 12: Rango (ppm) de gases tóxicos

GAS	RANGO (ppm)
Oxido nitrito (NO)	0 -100
Monóxido de carbono (CO)	0 - 2000
Cloro (Cl ₂)	0 - 5
Amoníaco (NH ₃)	10 - 300
Benceno (C ₆ H ₆)	10 - 1000
Alcohol (C ₂ H ₅ OH)	10 - 300
Dióxido de Azufre (SO ₂)	0 - 20
Metano (CH ₄)	300 -10000

Como segundo punto, se propone implementar un sensor que detecte temperatura y humedad. Debido a que la temperatura determina la distribución de las especies, actúa sobre sus ciclos de vida y afecta las actividades de supervivencia, reproducción y desarrollo de todos los seres vivos y la biodiversidad. A continuación, en la Tabla 13 se muestra las distintas escalas que cuenta la magnitud de temperatura, que servirá de mucha importancia para definir en que escala se trabajará.

Tabla 13: conversión de escalas de temperatura

CONVERSIÓN	ECUACIÓN
Celsius a Fahrenheit	$T(^{\circ}\text{F}) = \left[\frac{9}{5}T(^{\circ}\text{C}) \right] + 32$
Fahrenheit a Celsius	$T(^{\circ}\text{C}) = \left[\frac{5}{9}T(^{\circ}\text{F}) \right] - 32$
Celsius a Kelvin	$T(\text{K}) = [T(^{\circ}\text{C})] + 273$
Kelvin a Celsius	$T(^{\circ}\text{C}) = [T(\text{K})] - 273$
Fahrenheit a Kelvin	$T(\text{K}) = \left[\frac{5}{9}(T(^{\circ}\text{F}) - 32) \right] + 273$
Kelvin a Fahrenheit	$T(^{\circ}\text{F}) = \left[\frac{9}{5}(T(\text{K}) - 273) \right] + 32$

Por otro lado, se propone monitorear la humedad relativa que es el porcentaje de la humedad de saturación, que se calcula normalmente en relación con la densidad de vapor de saturación. Es decir, la magnitud de temperatura y humedad relativa cuentan con una relación directa. Un ejemplo de ello, es cuando aumenta la temperatura, el aire se vuelve más seco y la humedad relativa disminuye, de la misma manera sucede cuando al disminuir la temperatura, el aire se vuelve más húmedo y aumenta, esto se muestra en la Figura 27.

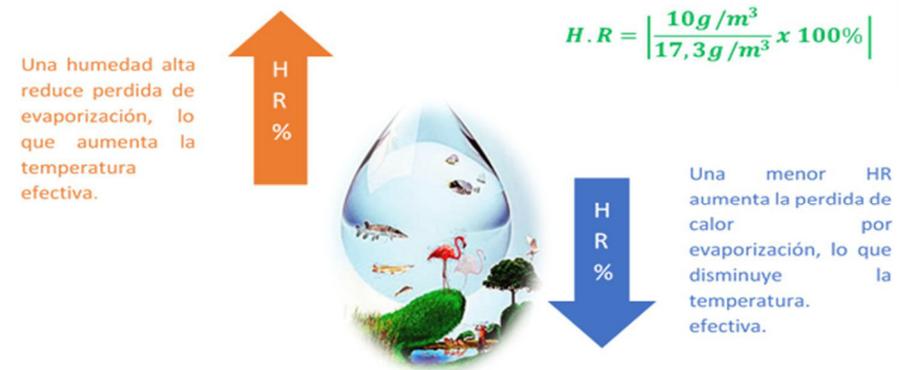


Figura 27: Influencia de la humedad relativa sobre la temperatura efectiva.

Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera, sucede con la selección del sensor de presión atmosférica, que tiene mucha relación directamente con la altitud, es decir, cuando mayor es la altura, menor es la presión atmosférica y cuando menor es la altura mayor será la presión. Por otro lado, esta magnitud es indispensable para predecir el tiempo y sus variaciones futuras, ya que una caída rápida de la presión atmosférica indicaría que se aproxima una frente de lluvia entre otras alteraciones, mientras que, el aumento de la presión indicaría que el ambiente estará despejado. Actualmente, existen varias unidades para medir la presión atmosférica como Pascal (Pa), Milímetros de mercurio (mmHg), Atmósfera física (atm) y Bar. En la cual, para calcular la presión atmosférica sin necesidad de un instrumento, se necesita utilizar la siguiente fórmula para obtener dicha magnitud, que a continuación se muestra:

$$Pa = \rho \cdot g \cdot h$$

- ρ es igual a la densidad del fluido.
- g es igual a la aceleración de gravedad.
- h es igual a la altura de la atmósfera sobre nosotros

Finalmente, la última selección se relaciona al sensor de radiación ultravioleta, en la cual es indispensable, ya que cierta área de estudio se encuentra cercano al mar y es donde en el mes de verano, se genera mucha más radiación ultravioleta del sol. Este dispositivo servirá para alarmar a los pobladores que se encuentren cerca al área de estudio, con la finalidad de tomar medidas preventivas, porque a largo plazo la radiación ultravioleta afecta la piel humana con diversas enfermedades. Cabe indicar que, la radiación ultravioleta se divide en 3 zonas.

- Radiación UV-A: Comprende el intervalo de longitudes de onda entre $\lambda=400$ nm y $\lambda=320$ nm, y es la que produce el bronceado porque es muy poco absorbida por la atmósfera. Al ser poco energética, presenta menor peligro que el resto de UV, aunque también puede provocar el envejecimiento prematuro de la piel.
- Radiación UV-B: Es la región intermedia del espectro ultravioleta, entre $\lambda =320$ nm y $\lambda=280$ nm de longitud de onda. Es parcialmente absorbida por el ozono, y pequeños aumentos en las dosis recibidas pueden provocar daños en los ojos y en la piel, eritemas solares desde leves hasta quemaduras severas.
- Radiación UV-C: Es la más energética y la más dañina de las tres, pero no llega a la superficie de la Tierra, porque es absorbida por la capa de ozono de la estratosfera. Abarca la zona del espectro comprendida entre $\lambda =280$ nm y $\lambda =200$ nm.

3.2.2. Procesamiento de señal

Luego de haber descrito las características principales que debe contener los sensores del sistema propuesto, se procederá a explicar el componente principal que se encargara de procesar la señal generada por los sensores. Para ello, sabemos que cada dispositivo tiene una forma independiente de convertir una magnitud física a una magnitud eléctrica para que sea procesada mediante una plataforma, en la cual será el encargo de procesar las señales de temperatura, humedad, presión atmosférica, altitud, radiación ultravioleta y gases tóxicos. Para ello, a continuación, en la Tabla 14, se muestra la característica que debe contar el microcontrolador para el requerimiento que se solicita en la presente tesis.

Tabla 14: Características del microcontrolador para el diseño.

CARACTERÍSTICA DEL MICROCONTROLADOR	
Voltaje de operación	5VDC.
Puerto de entrada y salida	5 analógica y digital (indispensable).
Puerto I2C	1 (mínimo)
Modo de transmisión:	Inalámbrica (WIFI O BLUETOOTH).
Disponibilidad:	Protocolo HTTP y MQTT.

Como se visualiza en la Tabla 14, son algunas consideraciones que se debe tener para seleccionar el microcontrolador más adecuado para este proyecto, por lo que se considera de carácter indispensable trabajar con puertos analógicos y digitales, ya que los sensores trabajan por ese medio. Asimismo, el microcontrolador debe contar con transmisión de datos por WIFI y Bluetooth, debido a que el ambiente donde se propone instalar, no es el apropiado para utilizar un método alámbrico como el puerto Ethernet. De la misma manera, el microcontrolador debe contar con uno de estos 2 protocolos, como es el HTTP y MQTT, ya que se proyecta

trasmitir los datos de los sensores a una plataforma web y es de carácter indispensable este último punto, ya que se busca aplicar la tecnología IoT para la transmisión de datos de la estación meteorológica.

3.2.3. Procesamiento y almacenamiento de datos en la Web

Como se indicó en la anterior sección, el microcontrolador es el encargado de procesar las señales de los sensores y enviarlos hacia una plataforma IoT. Para ello, esa plataforma se desarrollará por medio de un software, en la cual se deberá enlazar a una base de datos para ver el registro diario y mensual que se desea recopilar en el área de estudio. Además, el desarrollo de esta plataforma de IoT debe contar con disponibilidad o accesibilidad para cualquier usuario, con la finalidad de visualizar los datos en tiempo real y en cualquier lado del mundo.

3.2.4. Monitoreo del sistema.

En esta sección, se habla brevemente de la plataforma de IoT. En la cual, el sistema monitoreará los datos por medio de una comunicación inalámbrica del microcontrolador hacia la nube, en donde este último, será el encargado de enviar los datos a la plataforma de IoT. Esta plataforma, contará con cuadros estadísticos de cada magnitud que nos indicará la situación actual de los humedales, el reporte diario y mensual por la base de datos. Cabe indicar, que por aplicar la tecnología de IoT, es indispensable utilizar una señal moderada de internet con la finalidad de tener lo más actualizado posible el sistema.

3.3. Determinar los dispositivos a utilizar en el diseño.

En este apartado, se determinará los dispositivos que se utilizaran para el diseño propuesto de la estación meteorológica mostrada en el diagrama de bloques de la Figura 26. Por lo que, se considera indispensable la selección de los sensores, microcontrolador y software adecuado para el sistema.

3.3.1. Selección de los sensores ambientales

Luego de realizar un estudio de los diversos sensores que existen en el mercado peruano, se llegó a definir el uso de sensores que detecten gases tóxicos, humedad, temperatura, presión atmosférica y radiación ultravioleta. A continuación, se procederá a seleccionar los sensores más adecuados que detecten ciertas magnitudes ya indicadas en el diseño del sistema.

A. Selección del sensor de gases tóxicos:

Con respecto a la selección del sensor de gases tóxicos, se consideró diversos factores o características que cuentan algunos modelos de este tipo de sensor, en la cual en la Tabla 15 se realiza una comparación de 3 tipos de sensores comúnmente conocidos y utilizados en estos tipos de sistema, en la cual son el MQ 135, MQ 7 y MH-Z19.

Tabla 15: Comparación de los sensores de gases tóxicos

DISPOSITIVO	MQ 135	MQ 7	MH-Z19
Precio	S/15	S/15	S/200
Rangos de ppm	10 - 1000ppm	20 - 2000ppm	0-5000ppm
Detecta gases	NH3, NOX, alcohol, Benceno, Humo y CO2.	Monóxido de carbono	Dióxido de carbono
Funcionamiento	Electro- químico	Electro- químico	Infrarrojo no dispersivo
Salida de señal	Análogo y digital	Análogo y digital	digital

Luego de visualizar la Tabla 15, se llegó a definir que el sensor más adecuado es el MQ135, porque a diferencia de los restantes, este sensor detecta más de 4 gases tóxicos, en la cual es el alcohol, benceno, amoníaco, metano, entre otros; asimismo, cuenta con un precio económico y es un dispositivo muy comercial que trabaja en rangos de 10 a 1000 ppm con salida analógica y digital.

B. Selección del sensor de temperatura y humedad

La selección del sensor de temperatura y humedad, más que considerar diversos factores o características que cuentan estos 2 modelos (DHT 11 y 22). Se llegó a definir la selección del DHT22, porque cuenta con menos margen de error como se muestra en la Tabla 16, donde nos indica la comparación de estos sensores, en la cual, el DHT 22 cuenta con un margen de error de ± 0.5 °C y de 2 a 5 % de humedad relativa, en los respectivos rangos que nos indica según el fabricante, que es -40 a 80 °C y 0 a 100%.

Tabla 16: Comparación del sensor de temperatura y humedad

MODELO	DHT11	DHT 22
Alimentación	3.3 -6 VDC	3.3 -6 VDC
Rango de operación (humedad)	20% a 90% 5%	0 – 100 % RH \pm - 2-5%
Rango de operación (temperatura)	0 a 50 °C \pm 2 °C	-40 -80°C \pm 0.5°C
Periodo de detección	2s	2s
Resolución	Humedad (0.1%RH) Temperatura (0.1°C)	Humedad (0.1%RH) Temperatura (0.1°C)

C. Selección del sensor de presión atmosférica

La selección del sensor BMP 180 más que por su característica, se seleccionó por el precio accesible y por la facilidad de su comercialización, ya que el sensor BMP 280 no se llegó a encontrar en las tiendas de electrónica; si bien es cierto este último dispositivo, cuenta con una mejora en la resolución de las magnitudes seleccionadas como presión atmosférica y altitud, ambas son ideales para el monitoreo de la estación meteorológica. A continuación, en la tabla 17 se muestra las características de ambos dispositivos ya indicados.

Tabla 17: Característica del sensor BMP 180 Y 280.

MODELO	BMP180	BMP280
Alimentación	3.3 -5 VDC	3.3 -5 VDC
Rango de operación(presión)	300 a 1100 hPa	300 a 1100 hPa
Resolución	1Pa	0.16Pa
Rango de operación (altitud)	0-9100 m	0-9100 m
Comunicación	I2c (3.3v)	I2c (3.3v)
Resolución de Temperatura	0.1 C°	0.01 C°

D. Selección del sensor de radiación ultravioleta

El dispositivo seleccionado fue el sensor ML8511, ya que detecta longitud de onda entre 280-390nm, cubriendo los espectros UV-A Y B. Cabe indicar, que estos dispositivos son uno de los pocos modelos que existen para monitorear radiación ultravioleta con plataformas comerciales, como es el presente proyecto que aplicamos el módulo ESP32 que es compatible con este tipo de sensor. A continuación, en la Tabla 18 se muestra a más detalle la característica del sensor ML8511.

Tabla 18: Característica del sensor ML8511

MODELO	ML8511
Precio	S/35
Voltaje de operación	5VDC
Corriente de operación.	150mA
Rango de operación.	280 a 390 nm
Salida de voltaje	Analógica
Salida lineal	mW/cm2

3.3.2. Selección del microcontrolador del sistema.

Como segundo punto, se realizará la comparación de las características técnicas de los tipos de microcontroladores que existen en el mercado peruano, mostrado en la Tabla 19. En la cual, luego de comparar, se definirá el dispositivo más adecuado según el requerimiento indicado en la Tabla 14 del diseño de la estación meteorológica.

Tabla 19: Comparación de microcontroladores

	ARDUINO UNO	RASBERRY PI	ESP32
Precio	S/32	S/145	S/45
Memoria SRAM	2KB	1GB	520 KB
GPIO	20 pines	40 pines	36 pines
Wifi	NO	NO	SI
Bluetooth	NO	NO	SI
Buses	SPI, I2C, UART.	HDMI, I2C, USB, SPI	SPI, I2C, I2S , UART, CAN.
ADC /DAC	6/0	-	18/2

Como se visualiza en la Tabla 19, se muestran la característica que proporciona cada dispositivo. En donde se determina que, el módulo ESP32 es el dispositivo más adecuado para el proyecto propuesto, ya que como se ve en la Tabla 19, cuenta con una característica peculiar que es la transmisión incorporada de BLUETOOTH y WIFI, en la cual se considera indispensable para el trabajo donde se realizará la implementación. Además, cuenta con 36 puertos análogos digital que servirá para la comunicación de los sensores que se seleccionaron. Por otro lado, si bien es cierto, el Arduino cuenta con similares características al ESP32, pero no logro hacer una opción directa a seleccionar, ya que no cuenta incorporado un módulo de transmisión inalámbrica. Además, es evidente que se puede adaptar al Arduino un módulo para la transmisión inalámbrica, pero su costo de adquisidor elevaría mucho más y lo que se busca en este proyecto es ajustar costos para que sea una implementación económica y de calidad. De la misma manera, sucede con la plataforma Raspberry pi, en la cual cuenta con características muy superior al Arduino uno y ESP32, solo que su costo es muy elevado para el requerimiento del proyecto.

3.3.3. Selección del software de programación para el microcontrolador.

Para la selección del software, se optó por ARDUINO IDE que cuenta con diversas librerías que nos ayudaran a que el algoritmo desarrollado para el módulo ESP32 sea más compacto y reducido. Asimismo, este software,

cuenta con una opción que facilita diversos ejemplos de código que sirve como una herramienta para orientar proyectos según su requerimiento. Cabe indicar, que el software es gratuito y utiliza el lenguaje C++, que es muy comercial y sencillo de entender si se compara con otros tipos de lenguaje. Además, este tipo de plataforma cuenta con diversas opciones, como es el monitor serial mostrado en la Figura 28, en la cual ayudará a verificar y realizar las diversas pruebas de comunicación tanto de los sensores, como del sistema WIFI.

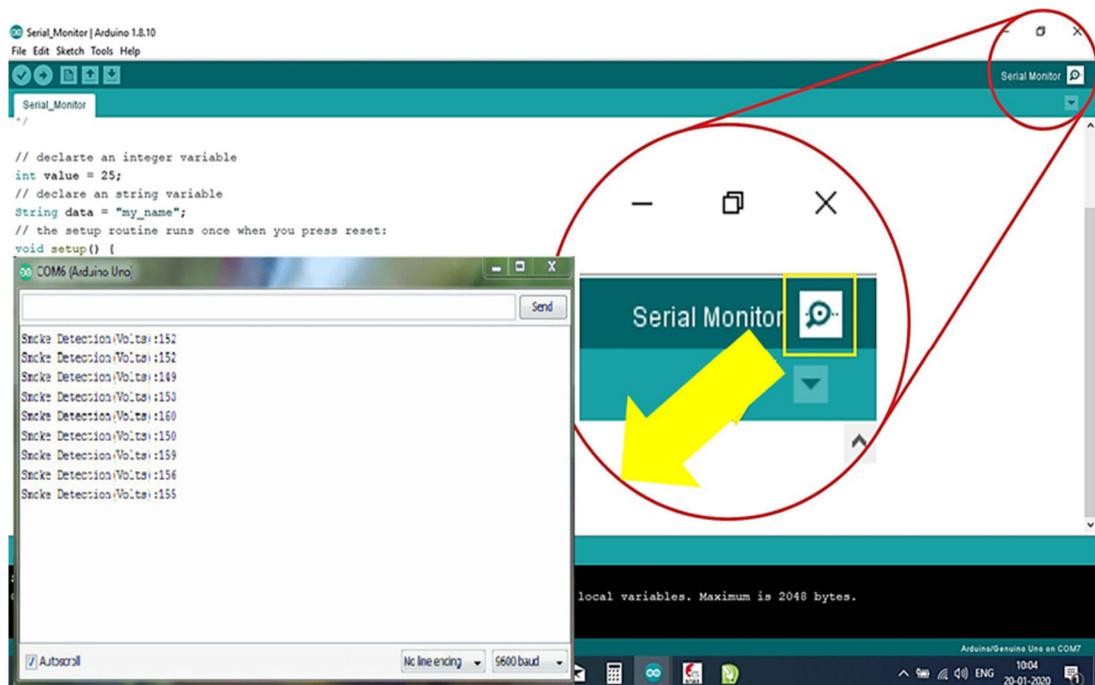
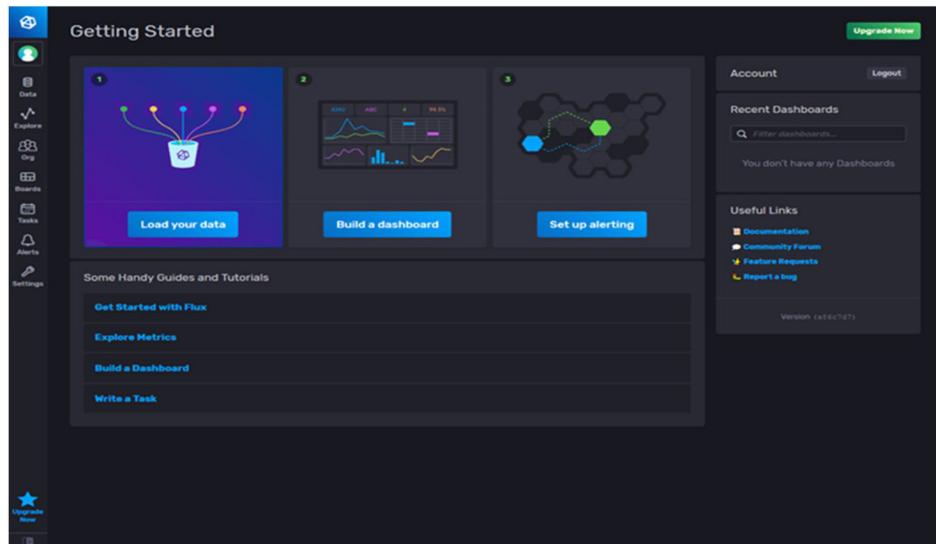


Figura 28: Arduino IDE y la opción monitor serial.

3.3.4. Selección de software para la plataforma de IoT.

Se seleccionó InfluxDB, que es una base de datos de series temporales diseñada para el almacenamiento y la recuperación rápida de datos, contando con un servicio de tiempo conocido como (NTP). Esta base de datos, nos da la facilidad de aplicar la tecnología de IoT, donde se recopilará datos de los sensores y se enviará al software Grafana que es una herramienta para visualizar de la mejor manera la serie de datos que se desean monitorear en los humedales de Ventanilla. A continuación, en la Figura 29 se muestra la tabla de InfluxDB en la versión gratuita., donde

se puede realizar una tabla sencilla, en la cual se puede almacenar los valores adquiridos de los sensores, como también la hora y fecha.



_time	_value	_field
2020-03-10 12:51:38 ...	4.874390701162355	usage_system
2020-03-10 12:51:48 ...	4.8268100537701635	usage_system
2020-03-10 12:51:58 ...	4.5710003746721615	usage_system
2020-03-10 12:52:08 ...	6.253908692933083	usage_system
2020-03-10 12:52:18 ...	4.823794051487128	usage_system

Figura 29: Ejemplo de una tabla compacta de la base de datos INFLUX DB

3.4. Desarrollar y programar el algoritmo del sistema de la estación meteorológica propuesta.

En la presente tesis se desarrollará un algoritmo por medio de la plataforma ARDUINO IDE, para recopilar las magnitudes físicas que detectaran los sensores de la estación meteorológica. Para ello, se procedió a realizar un diagrama de flujo mostrado en la Figura 30 para tener una idea más clara de la programación del módulo ESP32 que será el encargado de recopilar y enviar los datos hacia la plataforma IoT que más adelante hablaremos.

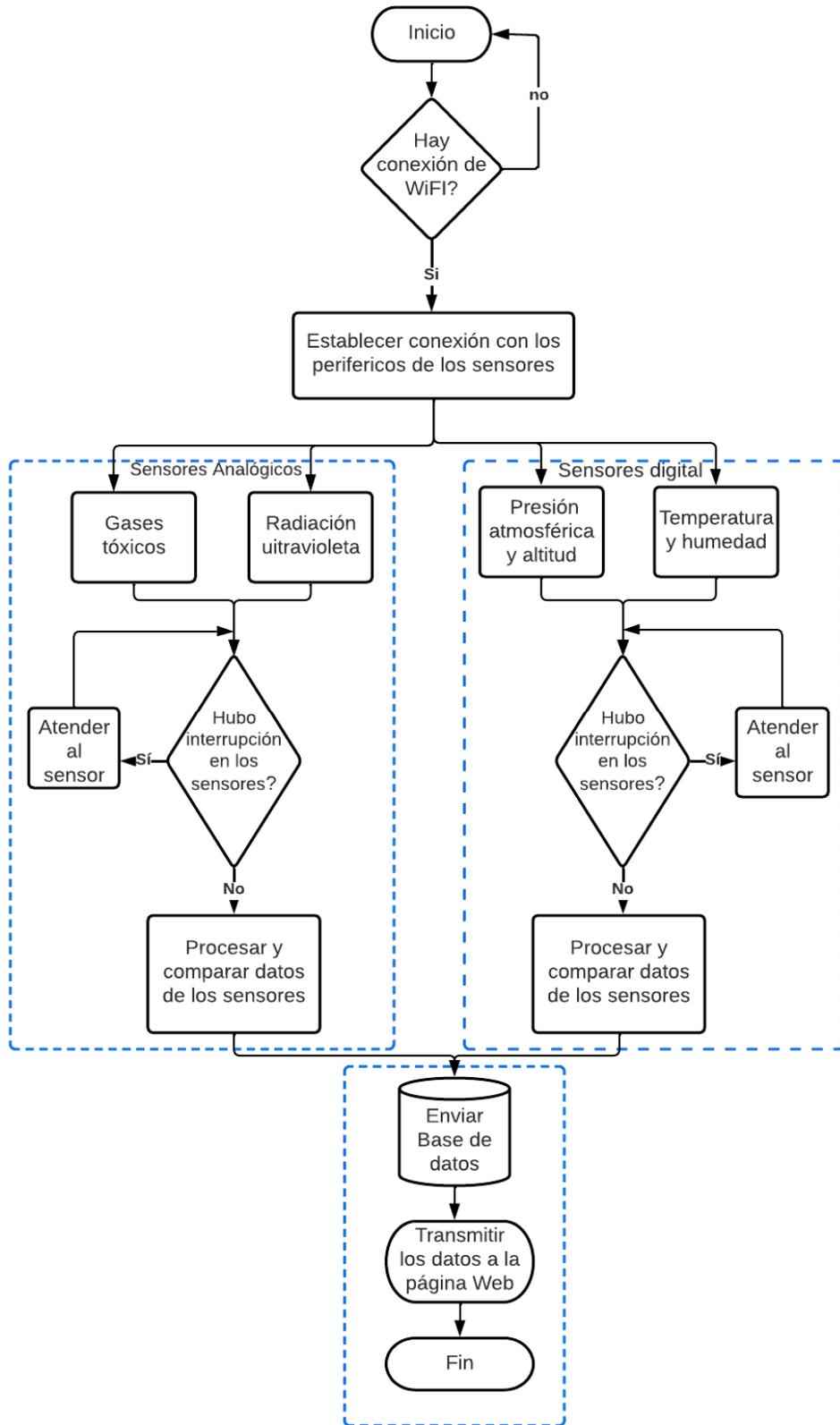


Figura 30: Diagrama de flujo del algoritmo del sistema

Luego de visualizar la Figura 30, se procederá a detallar los puntos del diagrama de flujo. Para ello, antes de iniciar, es importante indicar que para el desarrollo del algoritmo se utilizó diversas librerías que nos brinda ARDUINO IDE, como es el DHT.h y Adafruit_BMP085.h, que representan las librerías de los sensores DHT 22 Y BMP180, también se observa librerías para el Wifi, la base de datos InfluxDB, la plataforma ESP32, entre otros. Para más detalle, en la Figura 31 se observa todas las librerías utilizadas en el presente proyecto.



```
programa_tesis_culminado $
#include <Arduino.h>
#include <Wire.h>           // Permitir comunicarse con dispositivos por bus I2C
#include "DHT.h"           //Libreria sensor DHT 11 O 22.
#include "Adafruit_BMP085.h" //Libreria sensor BMP180.
#include <InfluxDbClient.h> //Libreria InfluxDB.
#include <InfluxDbCloud.h>

// Tipo de tarjeta ESP32 o ESP8266
#if defined(ESP32)
#include <WiFiMulti.h>     //Libreria para Wifi Multiple.
WiFiMulti wifiMulti;
#define DEVICE "ESP32"
#elif defined(ESP8266)
#include <ESP8266WiFiMulti.h>
ESP8266WiFiMulti wifiMulti;
#define DEVICE "ESP8266"
#define WIFI_AUTH_OPEN ENC_TYPE_NONE
#endif
```

Figura 31: Librerías para el algoritmo de la estación meteorológica.

Después de definir las librerías, se procedió a configurar los parámetros del WIFI (SSID y contraseña), la base de datos InfluxDB y la dirección del monitoreo por medio del servidor NTP que nos brindará el horario en tiempo actual. A continuación, en la Figura 32 se visualiza con más detalle el algoritmo ya indicado.

```
#define WIFI_SSID "MOVISTAR_9950" //SSID
#define WIFI_PASSWORD "977275404789" //Contraseña del WIFI
#define INFLUXDB_URL "https://ap-southeast-2-1.aws.cloud2.influxdata.com"
#define INFLUXDB_TOKEN "qDdfb2FYEkMULeXZOYK1hj6af3havCJv3p6sUu8tVtXcvX660kWM96rcIA7mBoDKEe2aSue7dgv0YLRdnpCncw=="
#define INFLUXDB_ORG "1137dbod672fdae5"
#define INFLUXDB_BUCKET "ESTACION RICALDI"
#define TZ_INFO "UTC-5"
```

Figura 32: Configuración de la base de datos y comunicación WIFI del algoritmo.

3.4.1. Configuración de los parámetros generales de la estación meteorológica.

En este apartado, se configuró las variables de las magnitudes que se pretenden monitorear mostrada en la Figura 33. En la cual, se determinó el pin 4 del ESP32 para la lectura del sensor digital DHT 22; asimismo, para el sensor BMP 180 se utilizó la instrucción “Adafruit_BMP085 bmp” para la configuración automática de los pines 21 y 22 del ESP32 que nos brinda la comunicación I2C por medio del SCL y SDA. Finalmente, cabe indicar que los sensores de gas y radiación ultravioleta al ser análogos, se crearon variables para posteriormente determinarlo en diversos rangos mostrados más adelante en la programación.

```
DHT dht(4,DHT11); //Parámetros del sensor DHT (pin 4 ) y BMP ( pin 21 y 22)
Adafruit_BMP085 bmp;

int temp = 0; //Variables para almacenar lecturas de sensores
int humid = 0;
float gas = 0 ;
float presion = 0;
float altitud = 0;
int UV = 0;

//Instancia de cliente InfluxDB con certificado InfluxCloud preconfigurado
InfluxDBClient client(INFLUXDB_URL, INFLUXDB_ORG, INFLUXDB_BUCKET, INFLUXDB_TOKEN, InfluxDbCloud2CACert);
Point sensor("weather"); //Punto de datos
```

Figura 33: Configuración de los parámetros generales del sistema.

Luego de realizar la configuración de las variables y pines que se utilizaran en el sensor, se procedió a configurar el Void Setup, en la cual

se utilizó como primera instrucción “Serial. Begin (115200)” para verificar por medio del terminal serial, el estado de conexión que se encuentra el Wifi y la base de datos. Asimismo, en esta sección se procederá a configurar el inicio a la comunicación de los sensores digitales y a la actualización de la hora y fecha que se programó por medio de la instrucción “timeSync(TZ_INFO,"pool.ntp.org","time.nis.gov)”.

```
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  dht.begin();
  bmp.begin();
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  wifiMulti.addAP(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  Serial.print("Connecting to wifi");
  while (wifiMulti.run() != WL_CONNECTED)
  {
    Serial.print(".");
    delay(1000);
  }
  Serial.println();
  sensor.addTag("device", DEVICE);
  sensor.addTag("SSID", WIFI_SSID);
  timeSync(TZ_INFO, "pool.ntp.org", "time.nis.gov");
  if (client.validateConnection())
  {
    Serial.print("Connected to InfluxDB: ");
    Serial.println(client.getServerUrl());
  }
  else
  {
    Serial.print("InfluxDB connection failed: ");
    Serial.println(client.getLastErrorMessage());
  }
}
```

Figura 34: Configuración de los parámetros generales del sistema 2.

3.4.2. Configuración del ciclo de trabajo del ESP32.

En este apartado, se configuró el Voip Loop, en donde se desarrolló la lógica de programación. En la cual, se utilizó la instrucción “sensor.addField (“nombre”, variable del sensor)” para el envío a la base de datos Influx DB y “Serial.print(“variable del sensor “) para verificar la comunicación y conexión de los sensores por medio del terminal serial que brinda Arduino IDE. A continuación, en la Figura 35 se detalla el algoritmo.

```

void loop()      {
    temp = dht.readTemperature();
    humid = dht.readHumidity();
    presion = bmp.readPressure();
    altitud = bmp.readAltitude();
    gas=(analogRead(32)* (5.0 / 4095.0)) / 0.01;
    int val=analogRead(35);
    UV=map(val,0,4095.0,0,11);
    sensor.clearFields();
    sensor.addField("temperature", temp);
    sensor.addField("humidity", humid);
    sensor.addField("pressure", presion);
    sensor.addField("altitude", altitud );
    sensor.addField("gas", gas );
    sensor.addField("UV", UV );
    if (wifiMulti.run() != WL_CONNECTED)
        Serial.println("Wifi connection lost");
        Serial.print("Wifi connection lost");
    if (!client.writePoint(sensor))
        Serial.print("InfluxDB write failed: ");
        Serial.println(client.getLastErrorMessage());
    }
    Serial.print("Temp: ");
    Serial.println(temp);
    Serial.print("Humidity: ");
    Serial.println(humid);
    Serial.print("Pressure: ");
    Serial.println(presion);
    Serial.print("Altitude: ");
    Serial.println(altitud);
    Serial.print("Gas: ");
    Serial.println(gas);
    Serial.print("UV: ");
    Serial.println(UV);
    delay(5000);
}

```

Figura 35: Configuración de los parámetros generales del sistema 3.

3.4.3. Implementar la plataforma IoT de la estación meteorológica

En esta etapa, se desarrolló las diversas configuraciones que se realizó en la comunicación del ESP32 hacia la base de datos InfluxDB y al software Grafana, en la cual se realizó la plantilla de los diversos cuadros estadísticos para el monitoreo de las magnitudes ambientales de la estación meteorológica. Es por ello que, en esta sección se detallará los diversos puntos muy importantes para la operatividad del monitoreo mostrada en la Figura 36 , en donde se verá el procesamiento de los datos por el protocolo MQTT, configuración de la base de datos InfluxDB y la distribución del contenido de la plataforma IoT por el software Grafana.

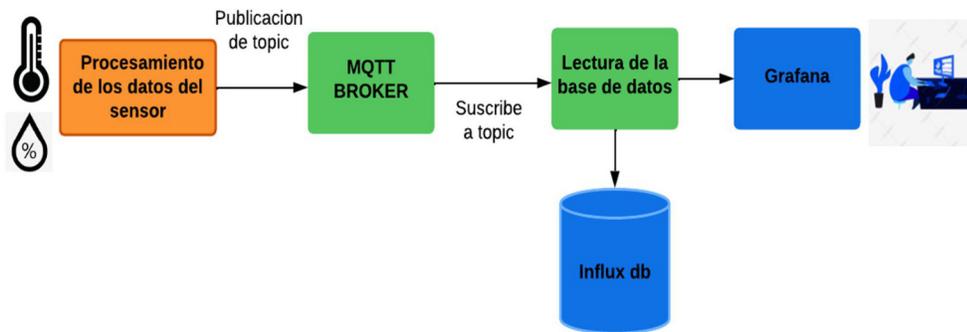


Figura 36: Diagrama de flujo de la plataforma de IoT.

A. Procesamiento de los datos por el protocolo MQTT

Antes de dar inicio a la transmisión del protocolo MQTT, se procedió a realizar las pruebas correspondientes a la comunicación del servidor MQTT por medio del bróker mosquitto, que es un servidor en donde se comunica el cliente. Para ello en la Figura 37, se muestra la consola de comandos (CMD), en donde se envió un mensaje de “diseño de estación meteorológica” para verificar que ambos terminales se comuniquen correctamente

```

C:\Windows\System32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 10.0.19044.2251]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub localhost -t test -m " jeffry rc "
Error: Unknown option 'localhost'.

Use 'mosquitto_pub --help' to see usage.

C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -h localhost -t test -m " jeffry rc "

C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -h localhost -t test -m " Diseño de estación meteorologica"

C:\Program Files\mosquitto>

C:\Windows\System32\cmd.exe - mosquitto_sub -h localhost -t test
UDP 192.168.1.11:57593 *:*
UDP [::]:123 *:*
UDP [::]:3702 *:*
UDP [::]:3702 *:*
UDP [::]:3702 *:*
UDP [::]:3702 *:*
UDP [::]:5353 *:*
UDP [::]:5353 *:*
UDP [::]:5353 *:*
UDP [::]:5355 *:*
UDP [::]:49674 *:*
UDP [::]:53477 *:*
UDP [::]:57596 *:*
UDP [::1]:1900 *:*
UDP [::1]:5353 *:*
UDP [::1]:57592 *:*
UDP [fe80::67d:b6a9:25b9:317f%13]:1900 *:*
UDP [fe80::67d:b6a9:25b9:317f%13]:57591 *:*

C:\Program Files\mosquitto>
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_sub -h localhost -t test
jeffry rc
Diseño de estaci
meteorologica

```

Figura 37: Verificación del protocolo MQTT

B. Configuración de la base de datos Influx DB.

En esta sección, se configuró la base de datos InfluxDB, en la cual se comunica por el puerto 8086; asimismo, se procedió a crear una carpeta con el nombre de “ESTACION METEOROLOGICA”, que almacenará las medidas de todos los dispositivos conectados a la red. Para ello, se utilizaron algunas instrucciones que se aplicaron en la Figura 32 del ARDUINO IDE, como es la instrucción mostrada a continuación que es “InfluxDBClient(INFLUXDB_URL,INFLUXDB_ORG,INFLUXDB_BUCKET,INFLUXDB_TOKEN,InfluxDbCloud2CACert)”, que se utilizó para la comunicación directa online de la base de datos al módulo ESP32. Luego de ello, se utilizó “addField (“X = nombre del sensor”, x)”, para añadir las variables de los sensores a la base de datos y obtener automáticamente los registros mostrados en la siguiente tabla de la Figura 38.

_time	_value	SSID	_field	_measurement	device
2022-11-24 01:22:50 G...	261.17	MOVISTAR_9950	gas	weather	ESP32
2022-11-24 01:23:10 GM...	262.64	MOVISTAR_9950	gas	weather	ESP32
2022-11-24 01:23:20 G...	260.50	MOVISTAR_9950	gas	weather	ESP32
2022-11-24 01:23:30 G...	261.78	MOVISTAR_9950	gas	weather	ESP32
2022-11-24 01:23:40 G...	255.80	MOVISTAR_9950	gas	weather	ESP32
2022-11-24 01:23:50 G...	256.53	MOVISTAR_9950	gas	weather	ESP32
2022-11-24 01:24:00 G...	256.65	MOVISTAR_9950	gas	weather	ESP32
2022-11-24 01:24:10 GM...	257.63	MOVISTAR_9950	gas	weather	ESP32
2022-11-24 01:24:20 G...	256.17	MOVISTAR_9950	gas	weather	ESP32
2022-11-24 01:24:30 G...	256.65	MOVISTAR_9950	gas	weather	ESP32
2022-11-24 01:24:40 G...	258.67	MOVISTAR_9950	gas	weather	ESP32

Figura 38: Tabla de valores de base de datos Influx DB

En la Figura 38, se muestra la tabla de los diversos puntos que la base de datos está registrando para el monitoreo, como es el tiempo y fecha, SSID del router, el nombre del sensor y del módulo ESP32. Cabe indicar que, solo se está mostrando 1 tabla de las 6 existentes de los sensores a monitorear. Por otro lado, luego de tener los registros monitoreados, se procederá a compartir los datos al software Grafana, en donde estructuramos de la mejor manera los gráficos y cuadros estadísticos que se hablarán a continuación.

C. Distribución del contenido de la página web por el software Grafana.

En este apartado, se realizó la distribución que contará la plataforma IoT, desarrollado en el software Grafana mostrada en la Figura 39, en donde se visualiza los diversos gráficos estadísticos de los sensores con respecto al tiempo; asimismo, en el primer punto se habilitó la disponibilidad de regular los diversos rangos del tiempo y fecha de las magnitudes a monitorear; de la misma manera, en el segundo punto se habilitó la opción de exportar los datos obtenidos a un cuadro Excel. A continuación, se procederá a detallar los 2 puntos que se redactó brevemente, como el análisis de series de tiempo y la exportación de registros diarios y mensuales que se consideraron indispensable para un correcto monitoreo de la estación meteorológica propuesta.



Figura 39: Monitoreo de sensores con respecto al tiempo.

El presente sistema contará con la opción de variar la resolución de la fecha y hora del eje “X” mostrada en la Figura 40. En la cual, esta opción servirá para visualizar a más detalle la variación de las magnitudes durante el día, semana y mes; asimismo, se contará con la disponibilidad de cambiar el tiempo dependiendo del lugar que se desea monitorear, en este caso se configuró Perú, pero si se desea replicar, se configurará dependiendo del lugar a implementar.

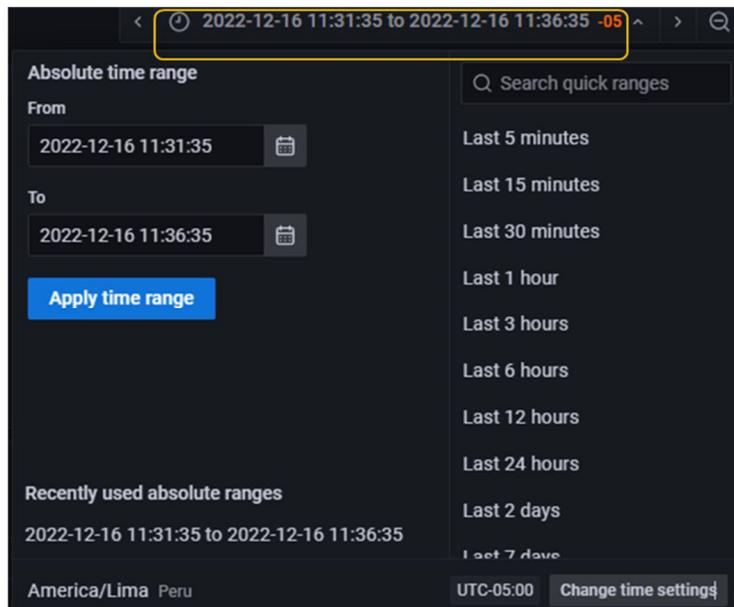


Figura 40: Opción de resolución de fecha y hora del sistema

Por otro lado, para exportar registros diarios y mensuales hacia una plantilla Excel, es muy importante considerar que cada cuadro estadístico, cuenta con la opción de inspección o exportar datos, como a continuación se muestra en la Figura 41.

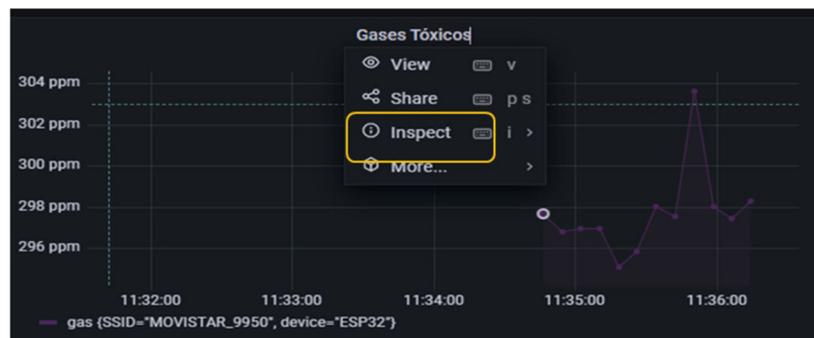


Figura 41: Exportar datos de la plataforma IoT del sistema

Luego de accionar la opción de inspección o exportar, se abrirá automáticamente una pestaña, donde mostrará una tabla dividida en 2 columnas que representa el tiempo y la variable ambiental que se está monitoreando, como se muestra en la Figura 42.

Time	gas (SSID="MOVISTAR_9950", device="ESP32")
2022-12-16 11:34:46	298 ppm
2022-12-16 11:34:54	297 ppm
2022-12-16 11:35:02	297 ppm
2022-12-16 11:35:10	297 ppm
2022-12-16 11:35:18	295 ppm

Figura 42: Tabla de verificación de datos en tiempo real.

Finalmente, luego de verificar en la tabla el monitoreo de la magnitud, se procederá a seleccionar la opción de descargar y automáticamente se exportará los datos a un archivo Excel, como se observa en la Figura 43, donde nos indicará la fecha, hora y la variable a monitorear

Time,	"gas {SSID="MOVISTAR_9950", device="ESP32"}"
2022-12-16 11:34:46,	298 ppm
2022-12-16 11:34:54,	297 ppm
2022-12-16 11:35:02,	297 ppm
2022-12-16 11:35:10,	297 ppm
2022-12-16 11:35:18,	295 ppm
2022-12-16 11:35:26,	296 ppm
2022-12-16 11:35:34,	298 ppm
2022-12-16 11:35:42,	298 ppm
2022-12-16 11:35:50,	304 ppm

Figura 43: Datos adquiridos de la plataforma IoT en archivo Excel.

3.5. Implementar la estación meteorológica en los humedales de Ventanilla.

En esta sección, se describe la implementación del sistema de la estación meteorológica propuesta. Para ello, se detallará los siguientes puntos relevantes, como es la etapa de simulación, diseño y montaje de los dispositivos a un PCB, pruebas y resultados.

3.5.1. Simulación de la estación meteorológica.

En este apartado, se desarrolló la simulación mediante el software Proteus 8, para luego proceder a la simulación del hardware por medio de un protoboard, con el objetivo de comprobar la operatividad de los dispositivos antes de ser instalados en una placa PCB.

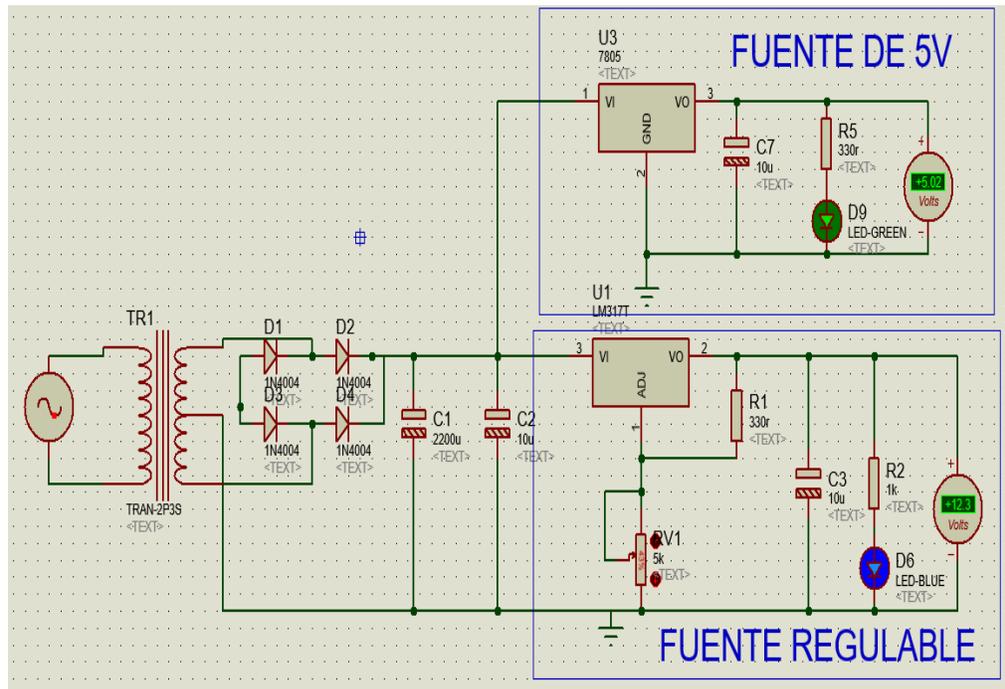


Figura 44: Simulación en Proteus de la fuente de alimentación del sistema

En la Figura 44 se observa la simulación de la fuente de alimentación que se utilizará para la estación meteorológica. En la cual, se utilizó el regulador LM317 para la fuente regulable y el LM7805 para una salida fija de 5 V. Asimismo, se procedió a comprobar el correcto funcionamiento de la fuente de alimentación,

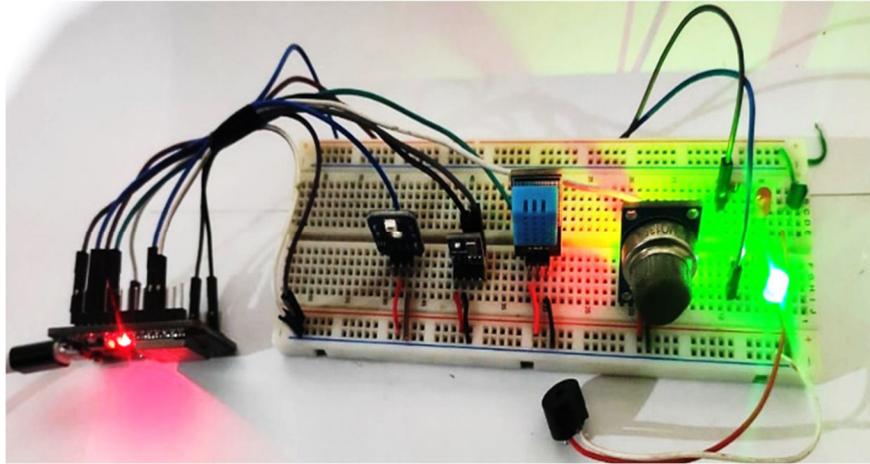


Figura 46: Simulación de hardware de la estación meteorológica, nivel moderado.

Se procedió a realizar la instalación física del sistema en un protoboard, con la finalidad de comprobar la operatividad de los dispositivos, para posteriormente proceder a ensamblar en una tarjeta PCB. En la Figura 46, se observa la activación del indicador verde donde nos indica que el nivel o área donde se simuló, se encuentra en un nivel moderado. A diferencia de la Figura 47, que nos indica un nivel de insalubridad, debido a que se utilizó un encendedor para generar gases tóxicos y activar el nivel de alerta. Cabe indicar, que estos 2 indicadores leds solo se han aplicado en esta etapa de prueba para verificar la operatividad de cada sensor, ya que el sistema en general no contará con estos indicadores.

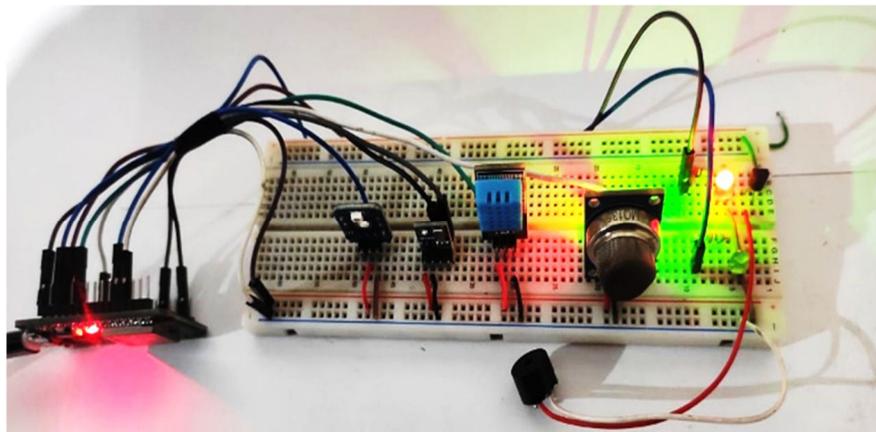
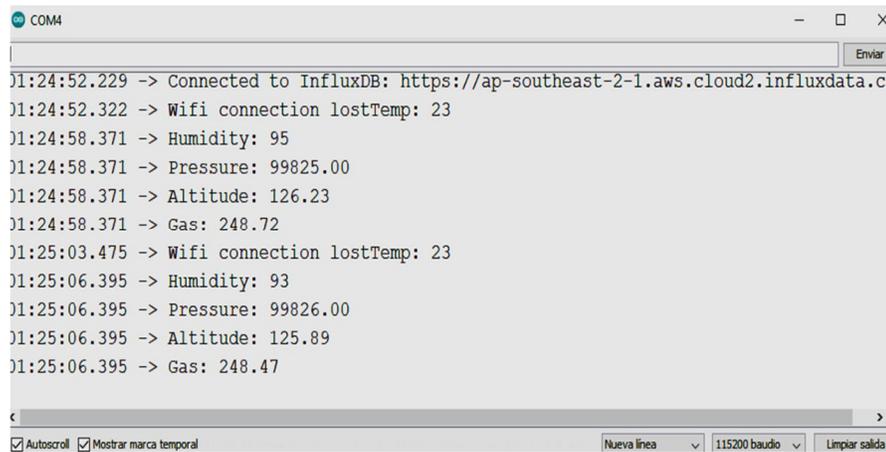


Figura 47: Simulación del hardware de la estación meteorológica, nivel insalubre.

Asimismo, luego de haber realizado la simulación en el protoboard, se procedió a verificar en el monitor serial la correcta comunicación de los sensores, la base de datos y la comunicación Wifi del sistema. Cabe indicar, que se obtuvo unos datos más estables después de mantener 3h conectados los dispositivos, como se puede observar en la Figura 48.



```
COM4
11:24:52.229 -> Connected to InfluxDB: https://ap-southeast-2-1.aws.cloud2.influxdata.c
11:24:52.322 -> Wifi connection lostTemp: 23
11:24:58.371 -> Humidity: 95
11:24:58.371 -> Pressure: 99825.00
11:24:58.371 -> Altitude: 126.23
11:24:58.371 -> Gas: 248.72
11:25:03.475 -> Wifi connection lostTemp: 23
11:25:06.395 -> Humidity: 93
11:25:06.395 -> Pressure: 99826.00
11:25:06.395 -> Altitude: 125.89
11:25:06.395 -> Gas: 248.47
```

Figura 48: Pruebas del sistema por medio del monitor serial .

3.5.2. Diseño y montaje de la estación meteorológica

A. Diseño

Se procedió la instalación de los dispositivos hacia la tarjeta PCB desarrollado en la extensión de Proteus 8 (ARES). En la cual, a continuación, se muestra en la Figura 49, el diseño del PCB de la fuente de alimentación indicada anteriormente.

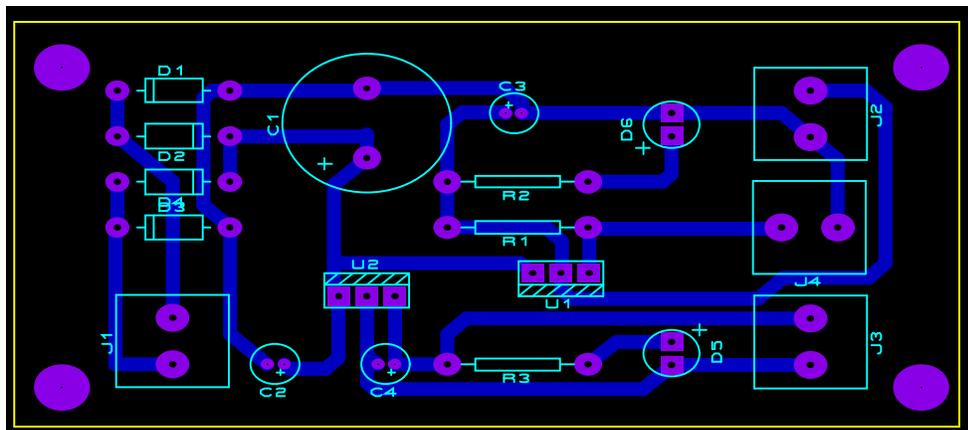


Figura 49: Diseño de PCB de fuente de alimentación del sistema.

Asimismo, en la Figura 50 se muestra el diseño PCB en 3D de la fuente de alimentación, donde se visualiza con mayor claridad los dispositivos electrónicos que se utilizarán para la implementación física del sistema.

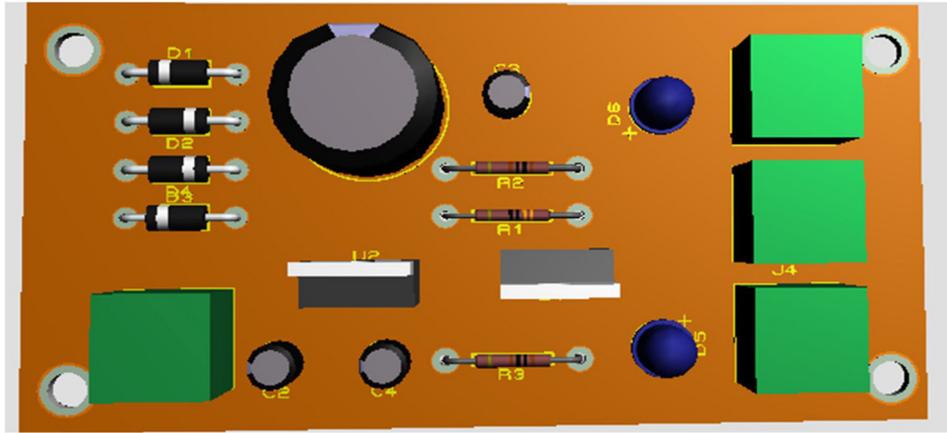


Figura 50: Diseño de PCB en 3D de fuente de alimentación del sistema

Por otro lado, en la Figura 51 se observa el diseño del PCB de la etapa de control, en la cual se encuentra distribuido por la plataforma ESP32 y diversas borneras que servirán para la instalación y comunicación de los sensores ambientales.

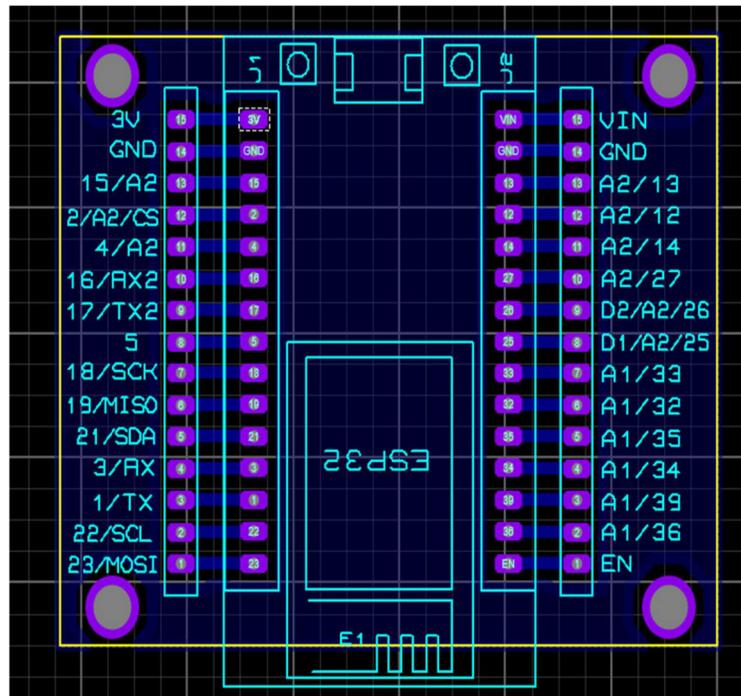


Figura 51: Diseño de PCB de la tarjeta de control del sistema

Adicionalmente, en la Figura 52 se muestra el diseño PCB en 3D de la etapa de control, donde se visualiza la distribución de los pines del ESP32.

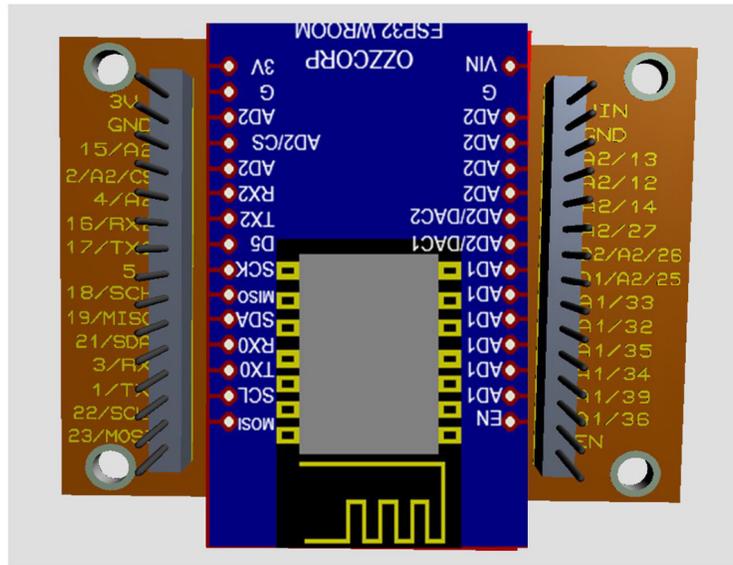


Figura 52: Diseño de PCB en 3D de la tarjeta de control del sistema

B. Montaje

En este apartado, se desarrolló el ensamblaje de la tarjeta PCB de la etapa de potencia y control. En la Figura 53 se observa las tarjetas PCB instalada con sus respectivos componentes electrónicos. Cabe indicar, que se utilizó el método tradicional del planchado para transmitir el circuito de la Figura 44 y 45.

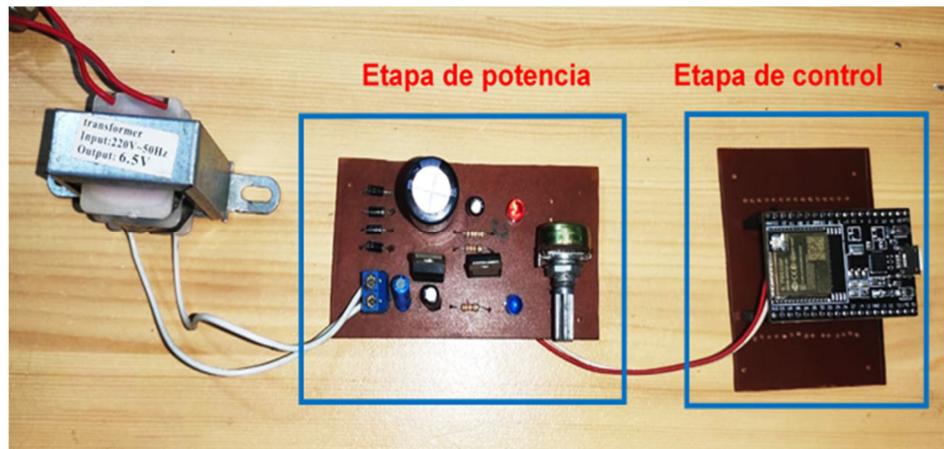


Figura 53: Montaje de la tarjeta PCB de la etapa de control y potencia.

Luego de haber realizado el ensamblaje de las tarjetas PCB, en la Figura 54 se observa el diseño de la estructura metálica de la estación meteorológica, en la cual están definidas con sus medidas, como se muestra a continuación.

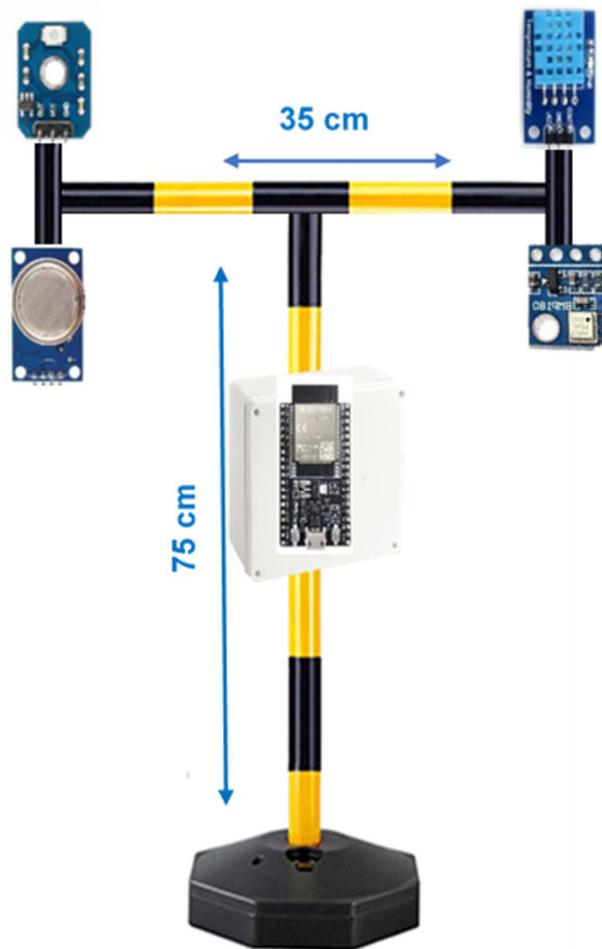


Figura 54: Diseño previo de la estructura de la estación meteorológica.

Posteriormente, en la Figura 55 se realizó el montaje físico de la estación meteorológica, en donde se instaló todos los dispositivos electrónicos mostrados en la Figura 53 hacia la caja de paso; cabe indicar que, se añadió una antena omnidireccional de 3dbi para generar una mayor amplificación de señal del ESP32 hacia el router. Asimismo, para la estructura metálica, se utilizó tubos de acero 304 de 1/2", porque es un acero resistente a corrosión y muy comercial en la industria.

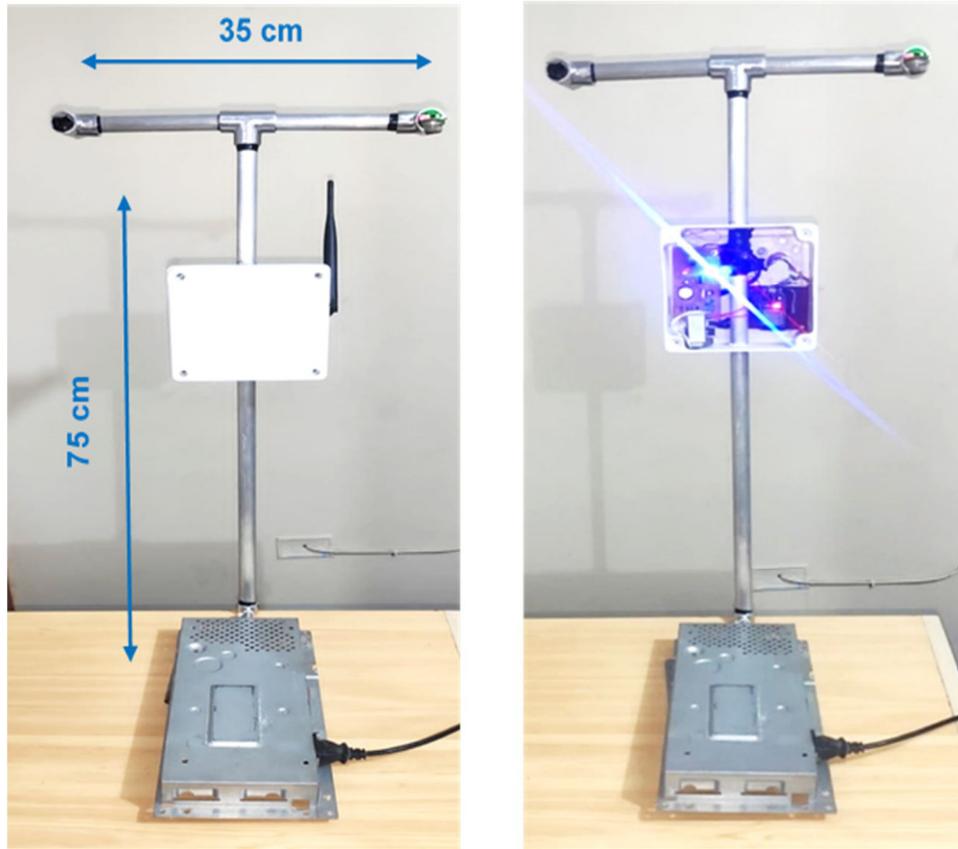


Figura 55: Montaje de la estructura de la estación meteorológica

C. Montaje de la plataforma IoT

Para el montaje del sistema, se procedió a generar el URL mostrada en la Figura 56 por medio de la opción compartir Snapshot que nos genera la plataforma Grafana por medio del siguiente enlace “<https://snapshots.raintank.io/dashboard/snapshot/v3HT6dISle9TVi87gIkjEREgHliacxJd>”, se podrá visualizar el monitoreo de la estación meteorológica y exportar los datos que uno requiera.

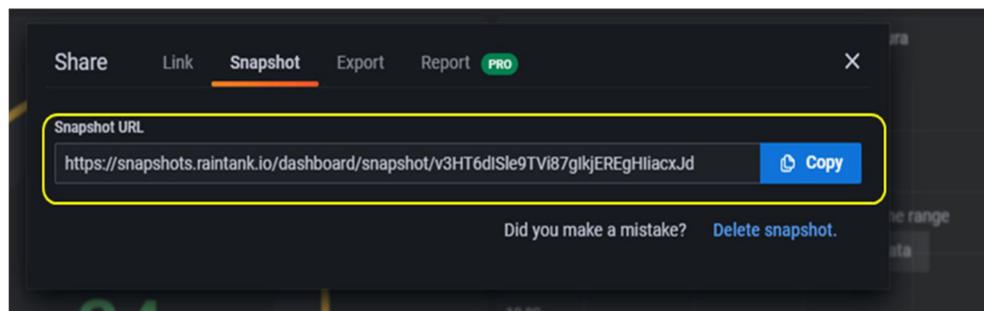


Figura 56: Montaje de la plataforma IoT de la estación meteorológica

Por otro lado, en la Figura 57 se muestra la plataforma IoT en general, donde se observa los datos del monitoreo en tiempo real, en la cual será almacenado en la base de datos Influx DB, para posteriormente se exportado en una plantilla Excel, que nos servirá para realizar un análisis y comparación del monitoreo diario de los humedales de Ventanilla.



Figura 57: Plataforma web final en el software Grafana.

3.5.3. Prueba y resultados de la estación meteorológica

En esta etapa se hace mención a los resultados obtenidos en el proceso de implementación. En el cual, se realizaron las diversas comparaciones de los 4 sensores que monitorean 6 magnitudes, que a continuación en la Tabla 20 se mostrará brevemente.

Tabla 20: Prueba y resultado de la estación meteorológica

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	RESULTADO
Tiempo de operación.	24h
Temperatura operada en la simulación.	18°C - 27°C
Voltaje de suministro al circuito	5VDC - 1A
lectura mínima y máxima del sensor mq135(ppm)	10 – 580 ppm
Lectura mínima y máxima del sensor BMP180(KPa)	99 -101
Lectura de altura sobre el sensor de nivel del mar BMP180 (metros)	65 - 140
Lectura del sensor DHT22 (%)	70 -90
Lectura del sensor ML8511 (índice)	1 a 6

Como se visualiza en la Tabla 21, se muestra los resultados generales del sistema, en la cual procederemos a desarrollar un análisis más profundo. Para ello, iniciaremos primero con hallar el error absoluto, que equivale a la diferencia entre el valor verdadero (medido por la estación meteorológica de Senamhi) y el valor medido (medido por el prototipo). Asimismo, el error relativo que es el cociente entre el error absoluto y el valor verdadero, multiplicado por 100 para trabajarlo en porcentaje (%). Por otro lado, para realizar la comparación con el prototipo propuesto, se utilizó la página web de meteorología de Senamhi, en donde nos indica los parámetros fundamentales de diversas biodiversidades y del área de estudio que estamos analizando como son los humedales de Ventanilla “<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>”.

Tabla 21: Prueba de magnitud de temperatura y humedad

Item	Hora	Valor	Valor	Error	Error	Valor	Valor	Error	Error
		verdadero	medido	absoluto	Relativo (%)	verdadero	medido	absoluto	Relativo (%)
		Humedad Relativa (%)				Temperatura (°C)			
1	1:00	85	86	1	1,18	26.	26	0	0,00
2	2:00	87	88	1	1,15	26	26	0	0,00
3	3:00	88	89	1	1,14	26	26	0	0,00
4	4:00	87	86	1	1,15	25	26	1	4,00
5	5:00	86	86	0	0,00	25	25	0	0,00
6	6:00	86	86	0	0,00	26	25	1	3,85
7	7:00	87	86	1	1,15	25	24	1	4,00
8	8:00	86	85	1	1,16	24	24	0	0,00
9	9:00	81	82	1	1,23	24	24	0	0,00
10	10:00	73	74	1	1,37	24	25	1	4,17

En la Tabla 21 se realizó la comparación del valor del prototipo propuesto y la estación de Senamhi , en donde se llegó a obtener el error absoluto y relativo de las 2 magnitudes fundamentales, como es la humedad y temperatura. Asimismo, en la Figura 58 y 59, se puede observar con más detalle los gráficos estadísticos monitoreados, escritos en la Tabla 21.

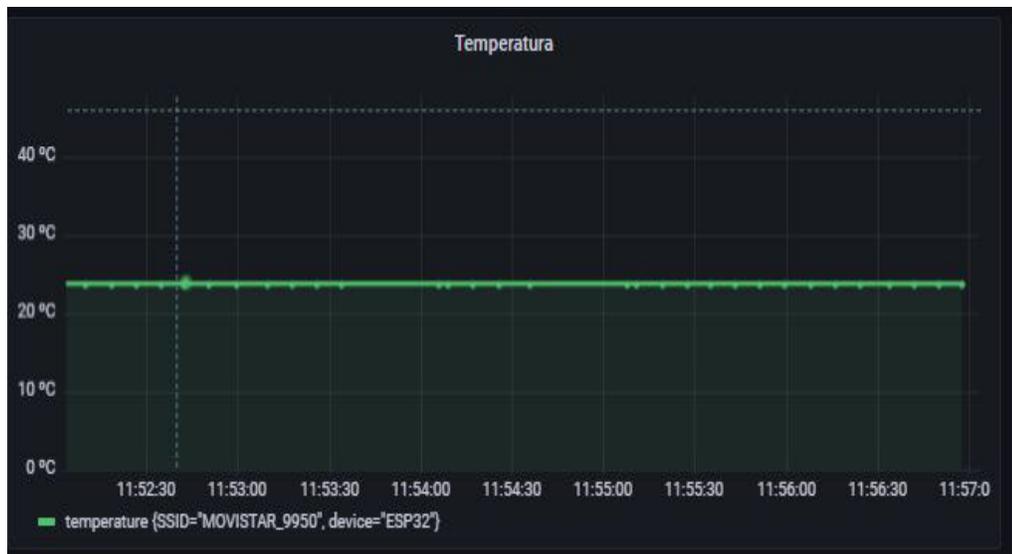


Figura 58: Monitoreo de Temperatura en la plataforma Grafana.

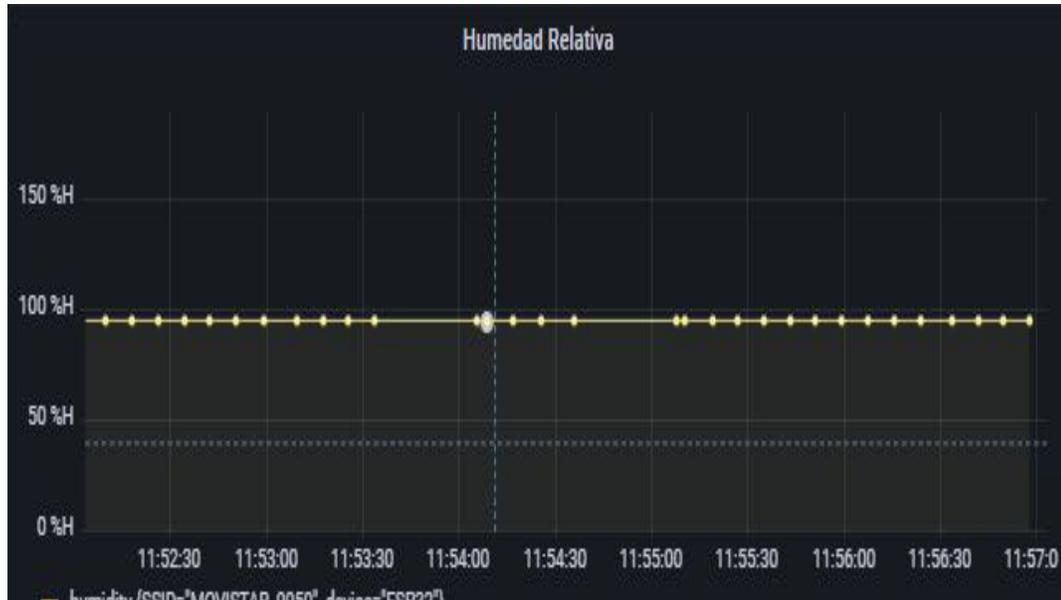


Figura 59: Monitoreo de humedad en la plataforma Grafana.

Asimismo, en la Tabla 22 se observa la comparación de las magnitudes de altitud y presión atmosférica con el sistema de la estación meteorológica de Senamhi, hallando también el error absoluto y relativo.

Tabla 22: Prueba de magnitud de altitud y presión atmosférica

Item	Hora	Presión atmosférica (Kpa)				Altitud (m)			
		Valor verdadero	Valor medido	Error absoluto	Error Relativo (%)	Valor verdadero	Valor medido	Error absoluto	Error Relativo (%)
1	1:00	99,80	99,80	0	0	126,10	126,13	0,03	0,024
2	2:00	99,80	99,81	0,01	0,01	126,10	126,13	0,03	0,024
3	3:00	99,80	99,82	0,02	0,02	126,09	126,12	0,03	0,024
4	4:00	99,80	99,82	0,02	0,02	126,09	126,12	0,03	0,024
5	5:00	99,78	99,80	0,02	0,02	126,10	126,12	0,02	0,016
6	6:00	99,78	99,80	0,02	0,02	126,12	126,12	0	0
7	7:00	99,79	99,79	0	0	126,12	126,12	0	0
8	8:00	99,81	99,79	0,02	0,02	126,10	126,11	0,01	0,008
9	9:00	99,81	99,79	0,02	0,02	126,11	126,13	0,02	0,016
10	10:00	99,80	99,79	0,01	0,01	126,10	126,12	0,02	0,016

Posteriormente, en la Figura 60 se muestra el monitoreo de la magnitud de presión atmosférica y altitud, ya indicadas en la Tabla 22.



Figura 60: Monitoreo de presión atmosférica y altitud en la plataforma Grafana

Adicionalmente, se procedió a realizar el último ensayo, comparando la magnitud de radiación ultravioleta y gases tóxicos mostradas en la Tabla 23.

Tabla 23: Prueba de magnitud de gases tóxicos y UV

Item	Hora	Valor verdadero	Valor medido	Error absoluto	Error Relativo (%)	Valor verdadero	Valor medido	Error absoluto	Error Relativo (%)
Gases tóxicos (ppm)					UV				
1	1:00	80,50	80,47	0,03	0,037	3	3	0	0
2	2:00	77,51	77,46	0,05	0,065	4	5	1	25
3	3:00	80,44	80,40	0,04	0,049	3	3	0	0
4	4:00	78,93	78,95	0,02	0,025	5	4	1	20
5	5:00	82,13	82,10	0,03	0,037	4	4	0	0

Finalmente, se culminó probando los sensores de la magnitud de radiación ultravioleta y gases tóxicos por medio de la plataforma IoT, obteniendo los siguientes resultados mostrados en la Figura 61.

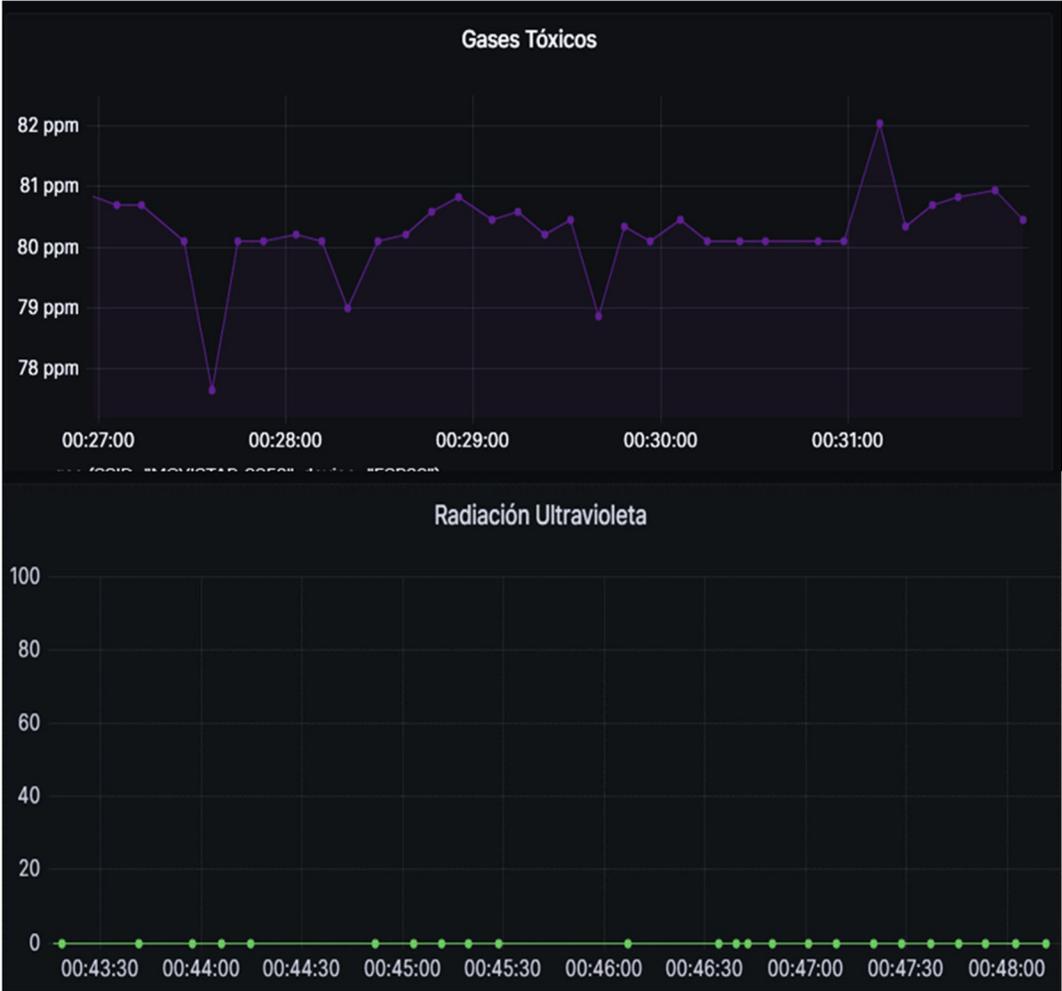


Figura 61: Monitoreo de gases tóxicos y radiación ultravioleta en la plataforma Grafana

3.5.4. Encuesta post instalación

Luego de haber realizado la instalación, montaje y obtener los resultados del sistema. Se realizó una post encuesta, para verificar la satisfacción de los pobladores con el sistema propuesto. Para ello, se formuló 6 preguntas abiertas y cerradas, a 376 pobladores del el AA. HH Valle Verde por medio de la herramienta de Google Forms, que a continuación se muestra.

1. Sabía usted que desde hace 1 mes se ha implementado un monitor de parámetros meteorológico en área de conservación “El mirado”.
2. Si ha respondido “sí”. ¿Cuál cree que será el impacto en la protección medioambiental de los humedales?
3. Si ha respondido “sí”. En qué tiempo cree usted que se visualizará una mejora desde el punto de vista medioambiental en los humedales.
4. Usted ha observado los resultados que genera el monitor de parámetros meteorológicos.
5. Está de acuerdo con que los resultados observados son amigables y fácil de entender.
6. ¿Qué recomendación daría para mejorar la plataforma?

A continuación, en la Tabla 24, se muestra las escalas de las preguntas cerradas y abiertas, con la finalidad de optimizar la agilización de los encuestados.

Tabla 24: Escala de preguntas post instalación

Preguntas	Escala
1	Si - No
2	Pregunta abierta
3	1 - 5 meses, 1 - 2 años, 2 - 4 años, nunca.
4	Si - No
5	Totalmente en desacuerdo, en desacuerdo, me es indiferente, de acuerdo, totalmente de acuerdo.
6	Pregunta abierta

Los resultados que se obtuvieron en la respectiva encuesta se detallan a continuación:

- En la Figura 62, los pobladores indicaron que el 91.7%, sabían que desde hace 1 mes se había implementado una estación meteorológica en los humedales de Ventanilla. Por otro lado, el 8.3 %, no estaban enterado de cierta implementación.

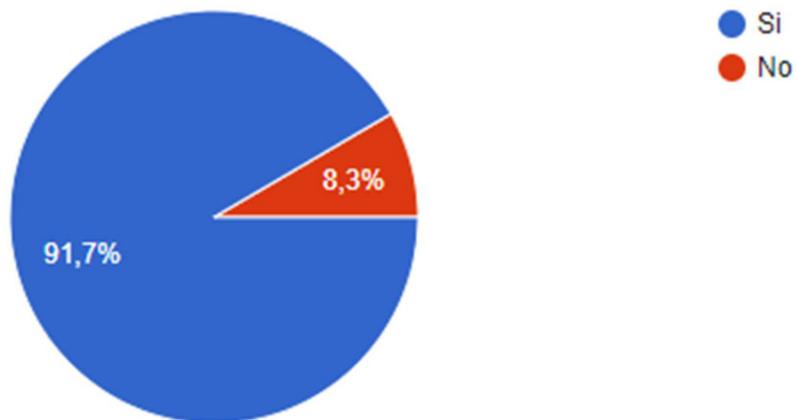


Figura 62: Estadística de la primera pregunta de la post encuesta.

Fuente: Google Forms ,2022.

- Por otro lado, en la segunda pregunta, los encuestados indicaron su opinión con respecto al impacto que generaría el sistema en la protección medioambiental de los humedales. Para ello, en la Figura 63, se muestra resumido algunas respuestas de los encuestados.

Servirá
Favorable para la población.
Beneficioso para el cuidado de la biodiversidad.
Un impacto positivo.
Un impacto favorable para la población y la biodiversidad.
El sistema generará un impacto positivo .
Es un impacto importante.
Satisfactorio.
Favorable para la sociedad

Figura 63: Estadística de la segunda pregunta de la post encuesta.

Fuente: Google Forms ,2022.

- De la misma manera, en la tercera pregunta, los encuestados indican que, el 33,3% creen que durante 1 a 5 meses se visualizará una mejora desde el punto de vista medioambiental en los humedales. Asimismo, el 41.7% consideran que sucederán entre 1 a 2 años. Finalmente, el 25% de la población considera que se visualizará una mejora durante 2 a 4 años.

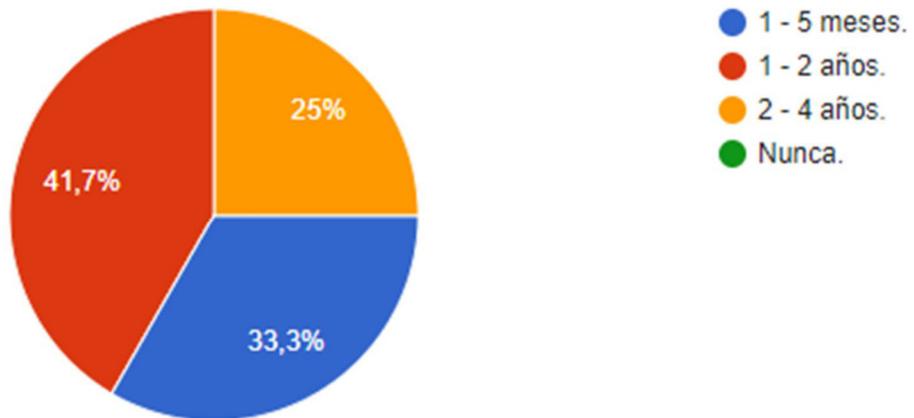


Figura 64: Estadística de la tercera pregunta de la post encuesta.

Fuente: Google Forms ,2022

- Adicionalmente, en la cuarta pregunta, los encuestados indicaron que el 72.7% observaron los resultados que genera el monitoreo de los parámetros meteorológicos, mientras que, el 27,3% indicaron que no han tenido la posibilidad de ver los resultados del sistema ya indicado.

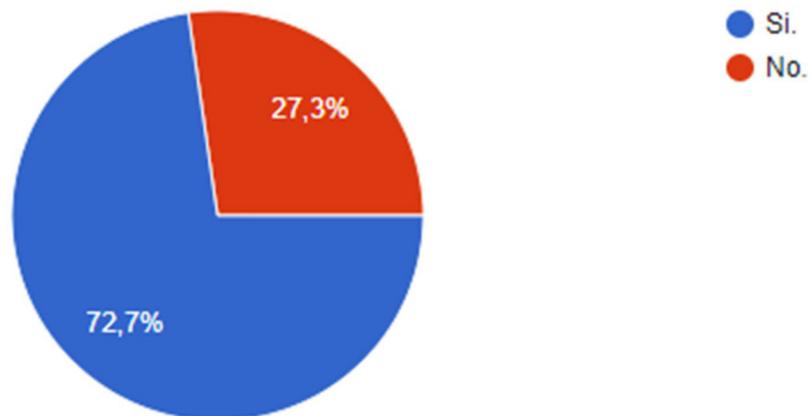


Figura 65: Estadística de la cuarta pregunta de la post encuesta.

Fuente: Google Forms ,2022.

- Asimismo, en la quinta pregunta, el 20% de los encuestado indicaron que están totalmente de acuerdo con los resultados del sistema, ya que son amigables y fácil de entender. De la misma manera, el 60% de encuestados indican que están de acuerdo con los resultados del sistema, mientras que, el 20% final se siente indiferente al sistema

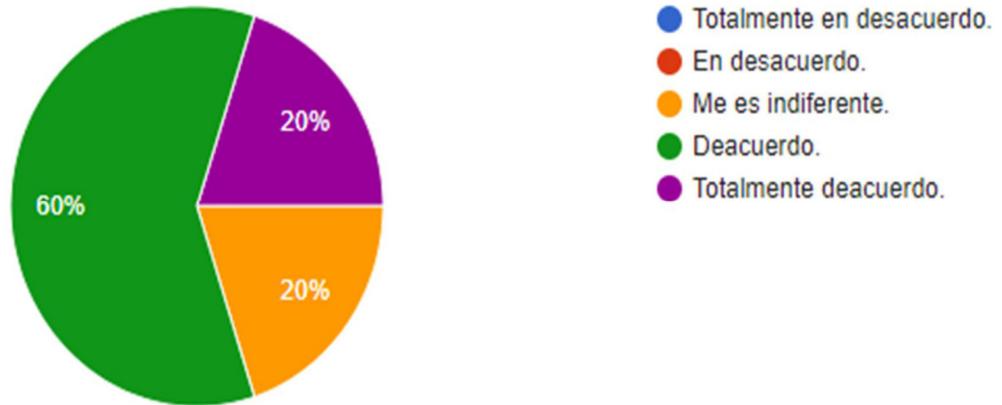


Figura 66: Estadística de la quinta pregunta de la post encuesta.

Fuente: Google Forms ,2022.

- Finalmente, en la Figura 67 se observa alguna respuesta de los encuestados, que está relacionado con la recomendación que se podría dar al sistema propuesto.

Ninguna.
NingunA
Que se pueda monitorear otras magnitudes
Ninguna
Que indique más parámetros
No use el sistema.
Excelente sistema

Figura 67: Estadística de la sexta pregunta de la post encuesta.

Fuente: Google Forms ,2022.

CAPÍTULO IV: ANALISIS DE COSTO Y BENEFICIO

4.1. ANÁLISIS DE COSTO

4.1.1. Recursos humanos

En este apartado, se desarrolló los recursos humanos que se consideraron para la implementación de la estación meteorológica propuesta durante todo el proceso de investigación, como es la mano de obra, en donde se involucra un asesor de programación, diseñador de estructuras metálicas, encuestadores, entre otros. A continuación, en la Tabla 25 se comparte el presupuesto de los recursos humanos ya indicados.

Tabla 25: Presupuesto de recursos humanos

Presupuesto de recursos humanos				
Descripción de actividad	Personal	días	precio unitario	monto
Asesor programador C++	1	2	S/90	S/180
Diseñador de estructuras	1	1	S/90	S/90
Mano de obra	1	20	S/70	S/1400
Encuestador	2	2	S/50	S/200
Costo total 1				S/1870

4.1.2. Recursos de hardware

En la Tabla 26, se muestra el presupuesto de los dispositivos electrónicos utilizados en el sistema, en la cual se considera de carácter indispensable cada uno de ellos, para que la estación meteorológica propuesta opere de la mejor manera. Es por ello que, se consideró utilizar los componentes educativos más idóneos y económicos que existan en las tiendas de electrónica en el Perú.

Tabla 26: Presupuesto de hardware

Presupuesto de hardware		
Materiales	Cantidad	Costo
Modulo ESP32	1	S/50
Sensor DHT 22	1	S/25
Sensor BMP 180	1	S/35
Sensor MQ 135	1	S/20
Sensor ML 8511	1	S/35
Fuente de alimentación	1	S/50
Batería 6V 4Ah	1	S/40
Controlador de carga	1	S/35
Tarjeta PCB	1	S/20
Laptop	1	S/1200
Costo total 2		S/1510

4.1.3. Recursos de software

Asimismo, con respecto al recurso de software, en la Tabla 27 se muestra el presupuesto utilizado en el proceso de investigación, en la cual, se recomienda utilizar la versión premium de la base datos InfluxDB y Grafana, ya que se podrá habilitar más funciones de la opción gratuita que brinda el proveedor.

Tabla 27: Presupuesto de software

Presupuesto de software			
Software	Meses	Precio mensual	Total
Influx DB	6	S/20	S/120
Grafana	6	S/25	S/150
Arduino IDE	2	S/0	S/0
Costo total 3			S/270

4.1.4. Otros gastos

En este apartado, se hace mención a los gastos adicionales utilizados en todo el proceso, como el uso de fuentes bibliográficas, movilidad, herramientas en general, entre otros. A continuación, en la Tabla 28 se describe con más detalle.

Tabla 28: Presupuesto de otros gastos

Otros gastos	
Fuente bibliográfica	S/120
Movilidad	S/130
Herramientas	S/110
Costo total 4	S/360

Luego de establecer los diversos presupuestos de recursos humanos, se procederá a realizar la sumatoria del costo total de la Tabla 25, 26, 27 y 28, que definirá el presupuesto final gastado en la presente tesis. A continuación, en la Tabla 29 se visualiza el resultado.

Tabla 29: Sumatoria de presupuesto

Sumatoria de presupuesto	
Costo total 1	S/1870
Costo total 2	S/1510
Costo total 3	S/270
Costo total 4	S/360
Monto total	S/4010

4.2. ANÁLISIS DE BENEFICIOS.

4.2.1. Beneficios tangibles

El presente proyecto consiste en realizar un monitoreo de las magnitudes ambientales de los humedales de Ventanilla, que

servirá como una herramienta y un método informativo para concientizar a la población sobre la situación actual de cierta área de estudio. Para ello, en este proyecto se incluirá una utilidad del 20% del costo total de implementación, que a continuación en la Tabla 30 se muestra.

Tabla 30: Beneficios tangibles

Beneficios tangibles	
Precio total	S/4010
Utilidad (20%)	S/802
Precio total + utilidad	S/4812

4.2.2. Beneficios intangibles

- Es un instrumento muy útil para realizar un análisis sobre el monitoreo periódico de las magnitudes ambientales de los humedales de Ventanilla.
- Con el sistema aplicando la tecnología IoT, se podrá monitorear el área de estudio por medio de un ordenador, smartphone o cualquier dispositivo que tenga internet.

4.2.3. Análisis de costo y beneficios.

El desarrollo de este proyecto se basa en gestionar ágilmente el monitoreo de una estación meteorológica. Para ello, sabemos que actualmente en el mercado local e internacional existen diversos proveedores que brindan estaciones meteorológicas con precios muy elevados, como se observa en la Figura 65; en la cual, a diferencia del presente proyecto, este último es más económico y eficiente.

Estación meteorológica inalámbrica Davis Instruments 6163 Vantage Pro2 Plus con sensor UV, sensor de radiación solar y pantalla contra la radiación aspirada por ventilador las 24 horas

★★★★☆ 56 Calificaciones

Disponibilidad: En stock
 Marca: Davis instruments
 Peso con empaque: 7.599 kg
 Producto con devolución

Asegúrate de que se ajusta introduciendo tu número de modelo.
 PRECISA, CONFIABLE Y PERSONALIZABLE: estación meteorológica inalámbrica profesional con actualizaciones de datos meteorológicos cada 2.5 segundos

Precio: S/ 7.382
 Ahorras: S/ 443 (6%)
S/ 6.939
 ENVÍO GRATIS

Este producto tiene

- Agrega el producto a envío
- Recibe este producto en seleccionando envío S

S/ 65 OFF al pag
 Hasta 6 cuotas s Dineros.

Estación Meteorológica Vantage Pro2 Modelo 6152c Nuevo Stock

S/ 5.700
 en 24x S/ 237⁶⁰ sin interés
 Ver los medios de pago

Envío gratis a todo el país
 Conoce los tiempos y las formas de envío.
 Calcular cuándo llega

Devolución gratis
 Tienes 30 días desde que lo recibes.
 Conocer más

Cantidad: 1 unidad (3 disponibles)

Comprar ahora

Figura 68: Precios de estaciones meteorológica en el mercado peruano.

Luego de visualizar la Figura 67, se evaluará el costo – beneficio con respecto al sistema propuesto y a las estaciones meteorológicas similares que se encuentran en el mercado peruano.

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{6939}{4812} = 1.44$$

Ejecutando la operación se obtienes el valor de 1.44, en la cual es un indicio que el proyecto desarrollado es rentable ya que tiene un menor precio en comparación a otros equipos.

4.3. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

4.3.1. Desarrollo de flujo de caja.

En el desarrollo del flujo de caja, primero se identificó el presupuesto total y el costo anual para la implementación de la estación meteorológica propuesta. Para ello, en la Tabla 31, se muestran los montos de ingresos y egresos, con el objetivo de calcular el ingreso neto y el costo beneficio.

Tabla 31: Flujo de caja del Proyecto

Año	0	1	2	3	4	5
Venta de productos		S/19,248.00	S/19,248.00	S/19,248.00	S/19,248.00	S/19,248.00
Total de ingresos		S/19,248.0	S/19,248.0	S/19,248.0	S/19,248.0	S/19,248.00
EGRESOS						
Inversión inicial	S/16,040.00					
Gastos de recursos humanos	S/1,870.00					
Gastos por hardware	S/1,510.00					
Gastos por software	S/270.00	S/270.00	S/270.00	S/270.00	S/270.00	S/270.00
Otros gastos	S/360.00					
Mantenimiento o producción		S/400.00	S/400.00	S/400.00	S/400.00	S/400.00
			S/16,040.00	S/16,040.00	S/16,040.00	S/16,040.00
Total de egresos	S/16,040.00	S/670.00	S/16,710.00	S/16,710.00	S/16,710.00	S/16,710.00
Flujo de caja (Ingreso neto)	- S/16,040.00	S/18,578.00	S/2,538.00	S/2,538.00	S/2,538.00	S/2,538.00
Costo beneficio	- S/16,040.00	S/2,538.00	S/5,076.00	S/7,614.00	S/10,152.00	S/12,690.00

4.3.1. Análisis del VAN

En el análisis del Valor Actual Neto, se toma en cuenta la inversión inicial que es de S/4,010.00, en este caso se considera la venta de 4 sistemas por año siendo el valor final de la inversión total S/16,040.00. Luego se considera el segundo factor llamado la tasa de interés exigido a la inversión, el cual para el proyecto se considera el 20% en un periodo de 5 años después de la implementación del sistema. Y el tercer factor son los valores del flujo de caja que se muestra en la Tabla 31. La fórmula del VAN se representa con la siguiente expresión matemática:

$$VAN = \frac{F_1}{(1 + I)^1} + \frac{F_2}{(1 + I)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + I)^n} - I_0$$

I_0 : Es la inversión inicial,

F_1, F_2 y F_n : Flujos de caja en cada periodo.

I : Tasa de descuento o interés exigido a la inversión

n : Número de periodos de tiempo.

Utilizando la formula, se obtuvo un VAN positivo de S/.4916.84, con los valores obtenidos se puede observar que la inversión es rentable.

4.3.2. Análisis del TIR

La Tasa Interna de Retorno, indica el porcentaje de viabilidad del proyecto, determinando la rentabilidad de la inversión inicial porcentualmente, para este análisis se utiliza la siguiente ecuación:

$$TIR = \frac{F_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} - I_0 = 0$$

El TIR se realiza con el mismo cálculo de la ecuación del VAN igualando a cero dando un valor en porcentaje, en la cual se obtuvo un valor de 44%, siendo este un valor óptimo debido que este valor es superior a la tasa de interés del VAN.

4.3.3. Análisis del ROI

El análisis del ROI, se define como el valor económico generado de la relación entre inversión y beneficios; con la siguiente ecuación se determinará el ROI.

$$ROI = \frac{(\textit{Beneficio} - \textit{Inversión})}{\textit{Inversión}} * 100$$

$$ROI = \frac{(4812 - 4010)}{4010} * 100$$

Utilizando la formula, se obtuvo el resultado de 20%, que indica el nivel de retorno de la inversión, en la cual en este caso es positiva la rentabilidad del proyecto

CONCLUSIONES

- Finalmente, se logró hacer un estudio de la situación actual que lleva los humedales de Ventanilla, en la cual, con la ayuda de una encuesta, se llegó a adquirir información muy importante de los pobladores, que sirvió para realizar el diseño de la estación meteorológica propuesta en la presente tesis.
- De la misma manera, se procedió a realizar un estudio para definir los sensores, el microcontrolador, los entornos, lenguaje de programación del microcontrolador y de la plataforma IoT. Para ello, se procedió a investigar diversos trabajos, como artículos y tesis, que sirvió para definir los dispositivos electrónicos más adecuados para el sistema propuesto, en la cual se seleccionó la plataforma ESP32 como el componente principal y los sensores DHT22, BMP180, MQ135 y ML8511.
- Asimismo, se realizó el diseño y la etapa del sistema, en donde se desarrolló la programación del microcontrolador y la comunicación del sistema hacia la plataforma IoT, en la cual Grafana y la base de datos InfluxDB, trabajaron eficientemente en el monitoreo de la estación meteorológica.
- Por otro lado, se procedió a realizar la implementación y las respectivas pruebas en el área de estudio, en donde se verificó el buen funcionamiento del sistema, siendo muy útil a la hora de detectar las magnitudes de temperatura, humedad, presión atmosférica, altitud, radiación ultravioleta y gases tóxicos, en la cual, si bien es cierto, tuvieron algunos errores, pero estaban en el rango de tolerancia permitido según el fabricante.

- Finalmente, la aplicación del sistema sirvió como un medio informativo, que tiene como objetivo concientizar a la población sobre la importancia de conservar los humedales y ecosistemas que están en peligro de extinción, debido al calentamiento global y a la acción humana que nosotros mismos realizamos.
- Asimismo, el sistema pretende influir en más investigaciones sobre el cuidado del planeta y su variedad de biodiversidad que lo conforma. Es por ello que, es fundamental reconocer lo importante de utilizar dispositivos económicos y efectivos como es el ESP32, que es una plataforma de software libre y compatible con sistemas operativos en general, aplicados últimamente en diversos proyectos por su versatilidad.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, al utilizar el sistema, se debe considerar algunas limitaciones del circuito, como mantener encendido durante al menos 24 horas el sistema para que los sensores tomen una lectura más estable y se pueda realizar la evaluación correspondiente al área de estudio.
- También, se debe considerar una red de internet disponible las 24 horas del día, para mantener actualizado la plataforma IoT del sistema, ya que, si no lo hay, la base de datos almacenará hasta cierto tiempo que ha estado habilitado el internet.
- Asimismo, se debe considerar que el módulo ESP32 tiene una distancia de transmisión limitada, así como los sensores, en los que se recomienda visualizar su ficha técnica para evitar ciertos inconvenientes o averías que se pueda tener.
- Finalmente, como trabajo futuro se podría mejorar la plataforma IoT, usando más herramientas en la base de datos y desarrollando una plataforma web más compacta. Además, se pretende agregar más sensores, dependiendo del requerimiento que se necesite en el lugar de aplicación, así como añadir un nivel de alarma, una cámara IP, uso de energía renovable, entre otros.

GLOSARIO

- **Arduino:** Es una plataforma que cuenta con un microcontrolador programable, en la cual usa un lenguaje de programación C++.
- **C++:** Lenguaje de programación utilizado para microcontroladores entre otros entornos.
- **ESP-32:** Es una plataforma que cuenta con un microcontrolador programable, en la cual cuenta con muchas aplicaciones hoy en día. Asimismo, es utilizado comúnmente por la disponibilidad de transmitir datos por WIFI.
- **Influx DB:** Base de datos temporal.
- **IoT:** Internet de las cosas.
- **MQTT:** Transporte de telemetría de Message Queue Server, es un protocolo de red ligero de máquina a máquina.
- **PHP:** Acrónimo de Hypertext Preprocessor, es un lenguaje de programación del lado del servidor.
- **RASPBERRY Pi:** Es una plataforma embebida de Hardware y software basado en Linux.
- **SQL:** Structure Query Language.
- **ThingSpeak:** Plataforma IoT.

REFERENCIA

- Acuña, D. y Robles, D. (2015). *Manual de meteorología y de gestión de la información climática*. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00N1N1.pdf
- Andina (2022). *Día Mundial de los Humedales: conoce los 14 sitios Ramsar del Perú*. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-dia-mundial-los-humedales-conoce-los-13-sitios-ramsar-del-peru-832198.aspx>
- Andriy, H., Vasyl, T. y Mykhaylo, L. (2018). Development of Arduino-Based Embedded System for Detection of Toxic Gases in Air. IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 11-14. <https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2018.8526672>
- Área de Conservación Regional. [ACR]. (2022). *Humedales de Ventanilla*. Disponible en: <https://www.gob.pe/15420-area-de-conservacion-regional-humedales-de-ventanilla>
- Balladares Feijoo, C. L. y López Vargas, D. F. (2021). *Diseño e implementación de un prototipo de estación meteorológica agrícola autosustentable para el monitoreo de parámetros ambientales en cultivos de cacao mediante Raspberry Pi*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20505>
- Bohorquez Ballén, J. y Pérez Mogollón, J. F. (2007). Radiación ultravioleta. *Science and Technology in Ocular Health and Visión*, 5(9), 97-104. <https://doi.org/10.19052/sv.1520>
- Carazas, N., Gil, F., Liviach, R., Zarate, R. y Montalvo, J. (2016). Nuevos registros de fauna en el Área de Conservación Regional [ACR] Humedales de Ventanilla. *Científfia*, 12(1), 42-60. <https://doi.org/10.21142/cient.v12i1.164>
- Cayenne features - developer (2022). Disponible en: <https://developers.mydevices.com/cayenne/features/>

- Congreso de la república. (2004). Ley n° 28245 del 2004. *Por lo cual se expide ley marco del sistema nacional de gestión ambiental.*
- Dawodi, M., Hedayati, M. H., Baktash, J. A., y Erfan, A. L. (2019). Facebook MySQL Performance vs MySQL Performance. 2019 IEEE 10th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON), 0103–0109. DOI: 10.1109/IEMCON.2019.8936259
- Guillen, I. (2021). *Modelo de implementación para el monitoreo y control de condiciones ambientales basados con tecnologías de arduino y raspberry.* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional UNAS. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12677>
- Grafana labs (2022). <https://grafana.com/grafana/dashboards/>.
- Hinostroza, W. H., Claudio, B. M., y Delgado, A. (2022). Implementation of an Air Pollution Measurement System in Mining Areas of Cerro de Pasco-Peru. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 12(1), 99–110. https://doi.org/10.46338/ijetae0122_10
- InfluxDB. (2022). InfluxData. <https://www.influxdata.com/get-influxdb/>
- Instituto nacional de estadística e informática [INEI]. (2022). <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/lima-supera-los-10-millones-de-habitantes-al-ano-2022-13297/>
- López, P. y Fachelli, S. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa.* <http://tecnicasavanzadas.sociales.uba.ar/wp-content/uploads/sites/156/2020/08/A04.02-Roldan-y-Fachelli.-Cap-3.6-Analisis-de-Tablas-de-Contingencia-1.pdf>
- Kawauchi, K. y Rekimoto, J. (2017). Estimating Gradient Direction of Atmospheric Pressure Using Pressure Sensor Array. IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications ,1379-1386. <https://doi.org/10.1109/ISPA/IUCC.2017.00209>

- Kusriyanto, M. y Putra, A. A. (2018). Weather Station Design Using IoT Platform Based On Arduino Mega. International Symposium on Electronics and Smart Devices, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ISESD.2018.8605456>
- Marín, J. (2019). *Sistema de transmisión de parámetros meteorológicos utilizando una red de comunicación inalámbrica de bajo costo en el AA.HH. Pachacútec -Ventanilla* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico, Universidad de Ciencias y Humanidades]. Repositorio Institucional UCH. <http://repositorio.uch.edu.pe/handle/uch/432>
- Martínez, X. (2019). Humedales de ventanilla: una lucha por sobrevivir. MediaLAB. <https://medialab.unmsm.edu.pe/humedales-de-ventanilla-una-lucha-por-sobrevivir/>
- Medina Molina, C. A. y Ramírez Galvis, W. F. (2019). *Diseño y construcción de estación meteorológica, ubicada en la vereda el callejón, Ricaurte-Cundinamarca*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia - RIUCaC <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24356/1/tesis%20final%20Camilo%20y%20Felipe%20con%20comentarios.pdf>
- Megantoro, P., Aldhama, S. y Prihandana, S., (2021). IoT-based weather station with air quality measurement using ESP32 for environmental aerial condition study. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 19(4), 1316. <https://doi.org/10.12928/telkomnika.v19i4.18990>
- Messaouda, A. (2011). Realization of solar water heating controlling board. International Conference on Multimedia Computing and Systems,1-4. <https://doi.org/10.1109/ICMCS.2011.5945700>.
- Ministerio de Agricultura de la república de Chile. [MINAGRI]. (2006). *Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de los humedales*. <https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/GUIAV67JUNIO2007.pdf>

- Ministerio del ambiente de gobierno del Perú. [MINAM]. (2019). *Humedales en áreas naturales protegidas sitios RAMSAR*.
<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/03/Humedales-en-%C3%81reas-Naturales-Protegidas-sitios-RAMSAR.pdf>
- Molina Montoya, N. P., Aguilar Casas, P. y Cordovez Wandurraga, C. (2010). Plomo, cromo III, cromo IV y su efecto sobre la salud. *Science and Technology in Ocular Health and Visión*, 8(1), 77-88.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5599145.pdf>
- Organización de naciones unidas [ONU]. (2022). Revitalizar y restaurar los humedales degradados en el mundo.
<https://www.un.org/es/observances/world-wetlands-day>
- Organización meteorológica Mundial [OMM]. (2018). Informe anual de 2018.
https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=6265
- Palaguachi Encalada, S. I. (2018). *Diseño, desarrollo e implementación de una estación meteorológica basada en una red jerárquica de sensores, software libre y sistemas embebidos para la empresa Elecaustro en la minicentral Gualaceo utilizando comunicación MQTT y Modbus*. [Tesis de grado, Universidad politécnica Salesiana Sede Cuenca]. Repositorio Institucional. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16056>
- Posadas Chichilla, A. M. (2012). *Determinación de errores y tratamiento de datos*. Facultad de ciencias experimentales.
<https://w3.ual.es/~aposadas/TeoriaErrores.pdf>
- Presidente de la república. (2020). Decreto Supremo N°013-2020. *Por lo cual se aprueba lineamientos para la autorización de colecta de recursos hidrobiológicos para el levantamiento de línea de base de estudios ambientales e instrumentos de gestión ambiental complementarios o para monitoreos hidrobiológicos previstos en dichos documentos*.
- Presidente de la república. (2013). Decreto Supremo N° 005-2013-pcm. *Por lo cual se aprueba la creación de Comisión Multisectorial de Naturaleza Permanente denominada “Comité Nacional de Humedales”*.

- Rojas, M. (2019). *Situación actual y perspectivas turísticas de los humedales de Ventanilla* -Callao.
https://www.revistacultura.com.pe/revistas/RCU_24_1_situacion-actual-y-perspectivas-turisticas-de-los-humedales-de-ventanilla-callao.pdf
- Secretaría de la Convención de Ramsar. (2013). *Manual de la Convención de Ramsar, guía a la Convención sobre los Humedales* (6.ª ed.). Peck D. Editor.[https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/63CDE791FF2EB4CD05257C630051708F/\\$FILE/1_pdfsam_Manual_convenci%C3%B3n_de_Ramsar_2013.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/63CDE791FF2EB4CD05257C630051708F/$FILE/1_pdfsam_Manual_convenci%C3%B3n_de_Ramsar_2013.pdf)
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2020). *Mantenimiento de estaciones meteorológica*.
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=normas-prej>
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR]. (2019). *Día de los Humedales y reserva natural 2019*. Disponible en:
<http://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/548>
- Solano Becerra, G. (2021). *Diseño e implementación de una estación meteorológica con acceso a internet para lugares remotos*. [Tesis de grado, Universidad de Ingeniería y Tecnología]. Reposito Institucional UTEC.https://repositorio.utec.edu.pe/bitstream/20.500.12815/227/1/Solano%20Becerra_Tesis.pdf.
- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. [SPDA]. (2019). *Perú: Conoce los 13 humedales más importantes para la biodiversidad y supervivencia humana. Actualidad Ambiental*. <https://www.actualidadambiental.pe/peru-conoce-los-13-humedales-mas-importantes-para-la-biodiversidad-y-supervivencia-humana/>
- Sudarsono, D., Anggraini, M. D., Andriyani, C., Mukhadimah, M., Widiyanto, A. N., Ilmawan, F., y Utami, E. (2021). Perbandingan Performansi Antara Mongodb Dan Mariadb. *FAHMA*, 19(2), 1-11. <http://stmikelrahma.ejournal.id/FAHMA/article/view/72>

- Tejeda, A., Rodríguez, N. y Tejeda, E. (2018). *La humedad en la atmósfera: Bases físicas, instrumentos y aplicaciones*. http://www.uco.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/La-humedad-en-la-atmosfera_466.pdf
- Ventura, D. y Manuel, A. (2022). *Estación meteorológica basada en LoRaWAN y alimentación autónoma con energía solar fotovoltaica*. [Tesis de grado, Universidad de Jaén]. Repositorio Institucional UJA. <https://hdl.handle.net/10953.1/16428>
- Vicente, M., Fernández, C., y Robles, Y. (2018.). *Metodología desarrollada para prácticas de programación de microcontroladores PIC*. https://lcsi.umh.es/docs/papers/2008_TAEE_PICS.pdf
- Villagra, M. (2017). *Centro de investigación y educación ambiental en los humedales de Ventanilla – Callao*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/621783/VILLAGRA_DM.pdf?sequence=2
- Villacorta, A. (2019). *Centro de Interpretación Ambiental para la Restauración Ecológica de los humedales de Ventanilla*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/36924>
- Yupanqui, C. (2019). *La ANA y la conservación de los humedales*. MINAM. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/03/La-ANA-y-la-conservaci%C3%B3n-de-humedales.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: Diagrama de actividades

ACTIVIDADES			AGOS				SEPT				OCT				NOV				DIC				
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Analizar la situación actual medioambiental de los humedales de ventanilla	Investigar información sobre los humedales.	x																				
		Investigar la situación actual de los humedales en el Perú y Ventanilla.		x	x																		
		Realizar una encuesta				x																	
2	Diseñar la estación meteorológica que se plantea implementar.	Buscar información acerca de una estación meteorológica.					x																
		Determinar los parámetros ambientales						x	x														
3	Determinar los dispositivos y componentes a utilizar en el diseño de la estación meteorológica.	Realizar estudio de las características técnicas de los dispositivos.								x	x												
		Determinar los sensores adecuados del proyecto.											x										
		Determinar el microcontrolador del sistema												x									
4	Desarrollar y programar el algoritmo del sistema de la estación meteorológica propuesta.	Investigar los diversos entornos de programación.												x									
		Determinar lenguaje de programación a utilizar.														x							
		Investigar tipos de base de datos															x						
		Investigar plataforma IoT																x					
5	Implementar la estación meteorológica en los humedales de Ventanilla.	Implementación del sistema en el punto elegido.															x						
		Prueba del sistema																	x	x			
		Realizar la encuesta																				x	x

ANEXO B: Matriz de consistencia

PROBLEMA DE INVESTIGACION	PREGUNTA DE INVESTIGACION GENERAL	OBJETIVO GENERAL	PREGUNTAS SECUNDARIAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACCIONES	MARCO TEÓRICO	MARCO PRACTICO
Hoy en día, el Perú cuenta con 46 humedales, en la cual no todos cuentan con un control o protección de parte del estado (MINAM ,2018). Este caso se puede visualizar en los Humedales de Ventanilla, que ha ido degenerándose a causa de la rápida expansión urbana, la actividad humana y agrícola (MINAN ,2019)	¿Cómo medir los parámetros ambientales en los humedales de ventanilla?	Implementar una estación meteorológica en los humedales de ventanilla.	¿Como conocer el estado de los humedales?	Analizar la situación actual medioambiental de los humedales de Ventanilla	Investigar información sobre los humedales.	Qué es, tipos y característica de los humedales.	Situación actual de los humedales en el Perú.
					Investigar la situación actual de los humedales en el Perú y Ventanilla	Situación actual de los humedales en el Perú y Ventanilla	Situación actual de los humedales en Ventanilla
					Realizar la encuesta.	Técnica de encuesta.	Desarrollo de una encuesta pre instalación
			¿Cómo determinar el funcionamiento que deberá tener la estación meteorológica?	Diseñar la estación meteorológica que se plantea implementar.	Buscar información acerca de una estación meteorológica.	Qué es y tipos de una estación meteorológica.	Diagrama de bloques del diseño propuesto
					Determinar los parámetros ambientales.	Temperatura, humedad, presión atmosférica, gases tóxicos.	Identificar las características de los tipos de sensores.
			¿Cómo seleccionar los dispositivos adecuados a utilizar?	Determinar los dispositivos y componentes a utilizar en el diseño de la estación meteorológica.	Tipos de microcontroladores	Arduino, Esp32, Rasberry pi.	Selección de microcontrolador (Diferencia del ESP32, ARDUINO y RASBERRY PI)
					Tipos de sensores	Sensor de temperatura, humedad, entre otros.	Selección de los sensores de la estación meteorológica.
			¿Cómo gestionar los procesos de la estación meteorológica?	Desarrollar y programar el algoritmo del sistema de la estación meteorológica propuesta.	Investigar los diversos entornos de programación.	Arduino IDE, MPLAB X	Diagrama del algoritmo del sistema
					Determinar lenguaje de programación a utilizar.	Lenguaje C. C++, Python y Protón	Desarrollo del algoritmo del sistema con la plataforma ESP32.
					Investigar tipos de base de datos	MySQL, María DB y MONGO DB	Configuración de la base de datos influx Db.
					Investigar plataforma IoT	Cayenne, Grafana, thingspeak.	Diagrama de flujo de la plataforma IoT
			¿De qué manera se verificará la operatividad y el correcto funcionamiento del sistema?	Implementar la estación meteorológica en los humedales de Ventanilla.	Implementación del sistema en e punto elegido.	Estadística descriptiva.	Obtener error absoluto, relativo, entre otros.
					Prueba del sistema	Cálculo de error de datos.	Resultados luego de la implementación.
					Realizar la encuesta.	Técnica de encuesta.	Desarrollo de una encuesta pos instalación

ANEXO C: Datos del sensor MQ-135

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R _L	Load resistance	can adjust	
R _H	Heater resistance	33 Ω ± 5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	less than 800mw	

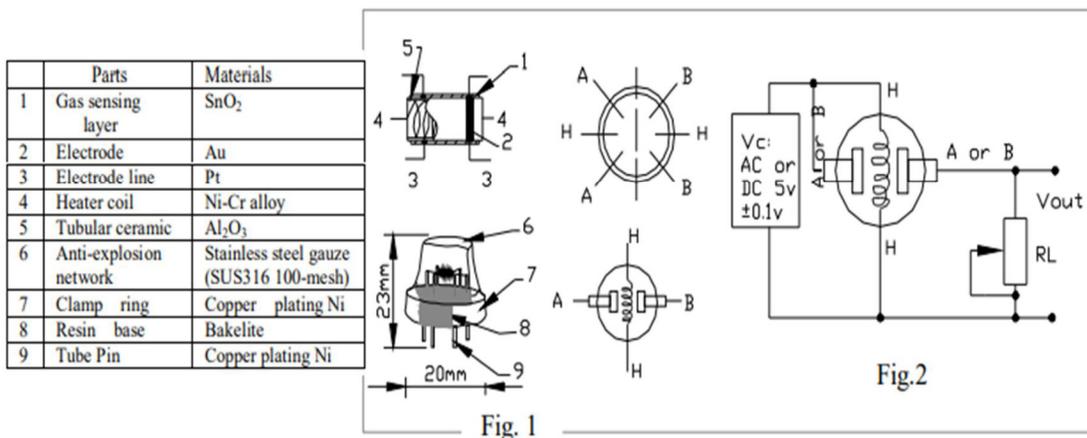
B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{ao}	Using Tem	-10°C -45°C	minimum value is over 2%
T _{as}	Storage Tem	-20°C -70°C	
R _H	Related humidity	less than 95%Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Ramark 2
R _s	Sensing Resistance	30K Ω -200K Ω (100ppm NH ₃)	Detecting concentration scope: 10ppm-300ppm NH ₃ 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
α (200/50) NH ₃	Concentration Slope rate	≤0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20°C ± 2°C Humidity: 65%±5%	V _c :5V±0.1 V _h : 5V±0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



DHT11 vs DHT22

Aunque lucen físicamente similares y tiene la misma identificación de pines, estos poseen características diferentes:

DHT11

- Alimentación de 3.3V a 5VDC
- Corriente máxima 2.5mA durante la conversión
- Lectura de humedad con un +/- 5% de precisión
- Lectura de temperatura con un +/- 2°C de precisión
- Capaz de medir humedad de 20% a 80%
- Capaz de medir temperatura de 0 a 50°C
- No más de 1 Hz en velocidad de muestreo (una vez cada segundo)
- Dimensiones: 15.5mm x 12mm x 5.5mm

DHT 22

- Alimentación de 3.3V a 5VDC
- Corriente máxima 2.5mA durante la conversión
- Lectura de humedad con un +/- 2% a 5% de precisión
- Lectura de temperatura con un +/- 0.5°C de precisión
- Capaz de medir humedad de 0% a 100%
- Capaz de medir temperatura de -40°C a 125°C
- No más de 0.5Hz en velocidad de muestreo (una vez cada dos segundos)
- Dimensiones: 15.1mm x 25mm x 7.7mm

De acuerdo a las características es un sensor ligeramente más preciso y cuenta con un rango un poco mayor. Ambos utilizan un único pin digital de salida y son lentos en cierto aspecto, ya que no se puede consultar más de una vez cada uno o dos segundos.

ANEXO E: Condición de funcionamiento del sensor BMP180

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Units
Operating temperature	T _A	operational	-40		+85	°C
		full accuracy	0		+65	
Supply voltage	V _{DD}	ripple max. 50mVpp	1.8	2.5	3.6	V
			1.62	2.5	3.6	
Supply current @ 1 sample / sec. 25°C	I _{DDLOW}	ultra low power mode		3		µA
	I _{DDSTD}	standard mode		5		µA
	I _{DDHR}	high resolution mode		7		µA
	I _{DDUHR}	Ultra high res. mode		12		µA
	I _{DDAR}	Advanced res. mode		32		µA
Peak current	I _{peak}	during conversion		650		µA
Standby current	I _{DDSEM}	@ 25°C		0.1	4 ¹	µA
Relative accuracy pressure V _{DD} =3.3V		950 ... 1050 hPa @ 25 °C		±0.12		hPa
				±1.0		m
		700 ... 900hPa 25 ... 40 °C		±0.12		hPa
				±1.0		m
Absolute accuracy pressure V _{DD} =3.3V		300 ... 1100 hPa 0 ... +65 °C	-4.0	-1.0*	+2.0	hPa
		300 ... 1100 hPa -20 ... 0 °C	-6.0	-1.0*	+4.5	hPa
Resolution of output data		pressure		0.01		hPa
		temperature		0.1		°C
Noise in pressure		see table on page 12-13				
Absolute accuracy temperature V _{DD} =3.3V		@ 25 °C	-1.5	±0.5	+1.5	°C
		0 ... +65 °C	-2.0	±1.0	+2.0	°C

ANEXO F: Característica técnica del ESP32.

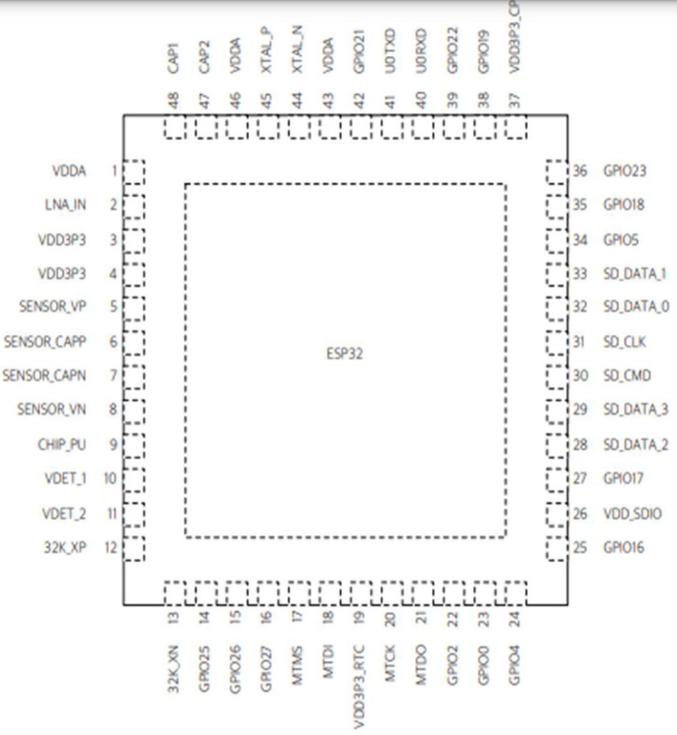


Figure 2: ESP32 Pin Layout

2.2 Pin Description

Table 1: Pin Description

Name	No.	Type	Function
Analog			
VDDA	1	P	Analog power supply (2.3V ~ 3.6V)
LNA_IN	2	I/O	RF input and output
VDD3P3	3	P	Amplifier power supply (2.3V ~ 3.6V)
VDD3P3	4	P	Amplifier power supply (2.3V ~ 3.6V)
VDD3P3_RTC			
SENSOR_VP	5	I	GPIO36, ADC_PRE_AMP, ADC1_CH0, RTC_GPIO0 Note: Connects 270 pF capacitor from SENSOR_VP to SENSOR_CAPP when used as ADC_PRE_AMP.

Name	No.	Type	Function
SENSOR_CAPP	6	I	GPIO37, ADC_PRE_AMP, ADC1_CH1, RTC_GPIO1 Note: Connects 270 pF capacitor from SENSOR_VP to SENSOR_CAPP when used as ADC_PRE_AMP.
SENSOR_CAPN	7	I	GPIO38, ADC1_CH2, ADC_PRE_AMP, RTC_GPIO2 Note: Connects 270 pF capacitor from SENSOR_VN to SENSOR_CAPN when used as ADC_PRE_AMP.
SENSOR_VN	8	I	GPIO39, ADC1_CH3, ADC_PRE_AMP, RTC_GPIO3 Note: Connects 270 pF capacitor from SENSOR_VN to SENSOR_CAPN when used as ADC_PRE_AMP.
CHIP_PU	9	I	Chip Enable (Active High) High: On, chip works properly Low: Off, chip works at the minimum power Note: Do not leave CHIP_PU pin floating
VDET_1	10	I	GPIO34, ADC1_CH6, RTC_GPIO4
VDET_2	11	I	GPIO35, ADC1_CH7, RTC_GPIO5
32K_XP	12	I/O	GPIO32, 32K_XP (32.768 kHz crystal oscillator input), ADC1_CH4, TOUCH9, RTC_GPIO9
32K_XN	13	I/O	GPIO33, 32K_XN (32.768 kHz crystal oscillator output), ADC1_CH5, TOUCH8, RTC_GPIO8
GPIO25	14	I/O	GPIO25, DAC_1, ADC2_CH8, RTC_GPIO6, EMAC_RXD0
GPIO26	15	I/O	GPIO26, DAC_2, ADC2_CH9, RTC_GPIO7, EMAC_RXD1
GPIO27	16	I/O	GPIO27, ADC2_CH7, TOUCH7, RTC_GPIO17, EMAC_RX_DV
MTMS	17	I/O	GPIO14, ADC2_CH6, TOUCH6, RTC_GPIO16, MTMS, HSPI_CLK, HS2_CLK, SD_CLK, EMAC_TXD2
MTDI	18	I/O	GPIO12, ADC2_CH5, TOUCH5, RTC_GPIO15, MTDI, HSPIQ, HS2_DATA2, SD_DATA2, EMAC_TXD3
VDD3P3_RTC	19	P	RTC IO power supply input (1.8V - 3.3V)
MTCK	20	I/O	GPIO13, ADC2_CH4, TOUCH4, RTC_GPIO14, MTCK, HSPID, HS2_DATA3, SD_DATA3, EMAC_RX_ER
MTDO	21	I/O	GPIO15, ADC2_CH3, TOUCH3, RTC_GPIO13, MTDO, HSPICS0, HS2_CMD, SD_CMD, EMAC_RXD3
GPIO2	22	I/O	GPIO2, ADC2_CH2, TOUCH2, RTC_GPIO12, HSPIWP, HS2_DATA0, SD_DATA0
GPIO0	23	I/O	GPIO0, ADC2_CH1, TOUCH1, RTC_GPIO11, CLK_OUT1, EMAC_TX_CLK
GPIO4	24	I/O	GPIO4, ADC2_CH0, TOUCH0, RTC_GPIO10, HSPIHD, HS2_DATA1, SD_DATA1, EMAC_TX_ER
VDD_SDIO			
GPIO16	25	I/O	GPIO16, HS1_DATA4, U2RXD, EMAC_CLK_OUT
VDD_SDIO	26	P	1.8V or 3.3V power supply output
GPIO17	27	I/O	GPIO17, HS1_DATA5, U2TXD, EMAC_CLK_OUT_180
SD_DATA_2	28	I/O	GPIO9, SD_DATA2, SPIHD, HS1_DATA2, U1RXD
SD_DATA_3	29	I/O	GPIO10, SD_DATA3, SPIWP, HS1_DATA3, U1TXD
SD_CMD	30	I/O	GPIO11, SD_CMD, SPICS0, HS1_CMD, U1RTS
SD_CLK	31	I/O	GPIO6, SD_CLK, SPICLK, HS1_CLK, U1CTS

ANEXO G: Resultado de la Investigación

1. Paper publicado en la revista IJETAE, DOI: 10.46338/ijetae0922_04.



International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering
(ISSN 2250–2459(Online), Scopus Indexed, An ISO 9001:2008 Certified Journal)
www.ijetae.com
Email: editor@ijetae.com, ijetae@gmail.com

IJETAE/Certificate/Volume12/Issue09/04_A September 04, 2022

Certificate of Publication

This is to certify that Jeffrey Ricaldi Cerdan has published a paper titled “Design of a Weather Station with IoT in the Wetlands of the District of Ventanilla – Callao” in International Journal of Emerging Technology & Advanced Engineering (ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal), Volume 12, Issue 09, September, 2022.

This paper can be downloaded from the following IJETAE website link.
https://ijetae.com/files/Volume12Issue9/IJETAE_0922_04.pdf
IJETAE Team wishes all the best for his/her bright future.



Editor in Chief
International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering
ISSN 2250–2459 (Online), An ISO 9001:2008 Certified Journal
Website: www.ijetae.com